



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# TUENTAKALUSTON KÄYTTÖ SILLANRAKENTAMISESSA

PERI Suomi Oy Ltd:n tuentakaluston ja perinteisen  
puutuennan kustannusvertailu

TEKIJÄ: Henri Ala-Kotila

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Henri Ala-Kotila			
Työn nimi Tuentakaluston käyttö siltarakentamisessa			
Päiväys	21.4.2015	Sivumäärä/Liitteet	69 / 7
Ohjaajat Raimo Lehtiniemi, lehtori; Juha Pakarinen, tuntiopettaja; Matti Lievonen, insinööri; Janne Suntio, myyntipäällikkö			
Toimeksiantaja / Yhteistyökumppani Kesälahden Maansiirto Oy / PERI Suomi Ltd Oy			
Tiivistelmä  <p>Insinööriyön tavoitteena oli saada selville kustannuksia puisesta siltatuennasta ja PERI Suomi Ltd Oy:n tarjoamista neljästä siltatuentasuunnitelmasta. Kolme näistä suunnitelmista on tarkoitettu kolmepalkkisen laattasilan tuentaan ja viimeinen suunnitelma on laattakehäsiltaan.</p> <p>Kustannusvertailukohteina olleet sillat on rakennettu Joensuuhun valtatie 6:n varteen Repokalli-oon. Näiden siltojen puutuentarakennuskustannukset saatiin selville niiden alkuperäisistä tuentasuunnitelmista, joita käytettiin kustannusvertailussa. PERI:n tarjoamien suunnitelmien ja tuentatarjouslistojen perusteella vertailtiin puutuennan ja PERI:n tuottaman tuentakaluston kustannuksia keskenään. Tarkoituksena oli selvittää missä vaiheessa PERI:n tuottama tuentajärjestelmä olisi alkanut olla taloudellisesti kannattavaa kahdessa jo rakennetussa siltakohteessa.</p> <p>Kustannusvertailun tuloksista voidaan päätellä, että puisen tuennan tarkastelu pidemmän ajan kuluessa alkaa menettää kannattavuuttaan taloudellisesta näkökulmasta katsottuna. Näin ollen yritysten olisi kannattavaa investoida PERI:n tuentajärjestelmään erityisesti laattapalkkisiltakoh-teissa. Tällainen investointi olisi kannattavaa, sillä pidemmän ajan kuluessa tukijärjestelmä tuot-taa taloudellista säästöä, puumateriaalin jäädessä pois tuennan osuudesta.</p>			
Avainsanat siltatuenta, kustannus, kolmepalkkinen laattasilta, laattakehäsilta			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Building and Structural Engineering			
Author Henri Ala-Kotila			
Title of Thesis Using Support in Bridge Construction			
Date	21 April, 2015	Pages/Appendices	69 / 7
Supervisors Mr Raimo Lehtiniemi, Senior Lecturer; Mr Juha Pakarinen, Senior Lecturer; Mr Matti Lievonen, Construction Engineer; Mr Janne Suntio, Sales Manager			
Client Organisation / Partners Kesälahden Maansiirto Oy / PERI Suomi Ltd Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final year project was to study cost effects of wooden bridge support and the bridge support manufactured by PERI Suomi Ltd Oy. The bridges are located in Repokallio, in the area of Joensuu. Those two bridges were constructed with the traditional wooden support method. The main orderer for this project was Kesälahden Maansiirto Oy and PERI Suomi Ltd Oy operated as a main cooperation partner.</p> <p>PERI Suomi Ltd Oy mainly provided the written material. Kesälahden Maansiirto Oy provided the costs of the raw material costs and experience. The first stage was to calculate the demand for material and labour costs of the wooden supports. Secondly, they were compared to the calculation offer made by PERI Suomi Ltd Oy calculation offering.</p> <p>As a result, it was found out that from the long-term perspective the PERI Suomi Ltd Oy bridge support method would have been more cost effective in the beambridge. In conclusion, the bridge support methods provided by PERI Suomi Ltd Oy reduces the consumption of wooden material and therefore it is regarded as an eco-friendly bridge support method.</p>			
<p>Keywords</p> <p>cost effects, bridge support, wooden support, PERI Finland Ltd, cost effective</p> <p>public</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Kesälahden Maansiirto Oy.....	7
1.2	PERI GmbH ja PERI Suomi Ltd Oy .....	8
2	SILTOJEN RAKENTAMISEN HISTORIA.....	9
2.1	Siltojen historia viime vuosisadalla .....	9
2.2	Laattapalkkisilta .....	10
3	PERI-KALUSTON ESITTELY .....	11
3.1	PERI UP Rosett flex.....	11
3.2	GT 24 -palkki.....	12
3.3	ST 100 -tukitorni.....	14
4	SILTOJEN TUENNAN SUUNNITTELU .....	15
4.1	Telineiden perustaminen .....	18
4.1.1	Vaativat pohjaolosuhteet .....	18
4.1.2	Tuennan ennakkokorotus.....	19
4.2	Laatuvaatimukset siltarakentamiselle.....	20
4.3	Työturvallisuus siltarakentamisessa .....	21
4.4	Putoamissuojaus ja kulkutiet telinerakentamisessa .....	22
4.5	Tuentatelineiden tarkastukset ja valvonta .....	25
5	SILLANRAKENTAMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET .....	28
6	TUTKITTAVAT SILTAKOhteet .....	33
6.1	Siltarakentamisen urakointi.....	34
6.2	PERI-tuentasuunnitelma .....	34
6.2.1	Rosett flex, Multiflex UZ. Laattapalkkisilta, Vaihtoehto 1 .....	35
6.2.2	Rosett flex, Multiflex. Laattapalkkisilta, Vaihtoehto 2 .....	36
6.2.3	ST 100 -tuenta. Laattapalkkisilta, Vaihtoehto 3.....	37
6.2.4	VARIOKIT-laattakehäsilta.....	37
6.3	Kustannukset puurakentamisena .....	38



6.4	Puisen siltatuennan rakentaminen .....	40
6.5	Kustannukset PERI-kalustolla .....	40
6.5.1	Kustannukset PERI-vuokrakalustolla .....	41
6.5.2	Hankintahinta käytetyllä kalustolla .....	42
6.5.3	Uuden kaluston hankintahinta .....	43
7	KUSTANNUSTEN TEOREETTINEN VERTAILU .....	44
7.1	Puisen tuennan ja PERI-kaluston kustannusvertailua .....	44
7.2	PERI-järjestelmän takaisinmaksuaika .....	46
8	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	47
	LÄHTEET .....	48
	LIITE 1: LAATTAPALKKISILTA S15 .....	51
	LIITE 2: LAATTAKEHÄSILTA S33 .....	52
	LIITE 3: ROSETT FLEX UZ, VAIHTOEHTO 1 .....	53
	LIITE 4: ROSETT FLEX, VAIHTOEHTO 2 .....	54
	LIITE 5: ST 100, VAIHTOEHTO 3 .....	55
	LIITE 6: VARIOKIT-MUOTISTO .....	56
	LIITE 7: TAVARA- JA TARJOUSLUETTELO .....	57

## 1 JOHDANTO

Suomella on pitkät perinteet siltojen rakentamisessa erityisesti, kun käytetään puuta sillankannen tuennan ja muotin osuudessa. Esimerkiksi Ruotsissa käytetään paljon esivalmistettua tuentaa, vaikka puuraaka-aine on samanhintaista kuin Suomessa. Perinteisesti Suomessa suositaan puusta rakennettua tuentaa, erityisesti pienissä silloissa. Vaihtoehtona on käyttää esivalmistettua terästuentaa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä kustannusvertailua puisen ja esivalmiste terästuennan välillä. Tarkastelun kohteena on erityisesti siltarakentamisen tuennan osuus, joka rajautuu maanpinnasta koolauksen yläpintaan. Käytettävänä materiaaleina ovat puu- sekä esivalmistetut teräsosat. Tähän kokonaisuuteen sisältyvät pystytuuet, niskakannatin, niskapalkki sekä koolaus. Työssä tuodaan myös esille erilaisia vaihtoehtoja siltakannen tekoon PERI:n kalustoratkaisulla. Tarkoituksena on saada selville kustannuksia eri kalustotyypeillä ja millainen ero olisi mahdollisesti hankitulla uudella tai jo valmiiksi käytetyllä kalustolla. Lisäksi selvitetään mikä olisi esivalmistetun tuentakaluston hankintahinnan takaisinmaksuaika puurakentamiseen verrattuna.

Työssä tarkastellaan jo olemassa olevia palkkisiltaa ja kehäsiltaa. Sillat on rakennettu Joensuun Valtatie 6 (Käpykangas–Repokallio väli). Vaikka tässä työssä tarkastellaan vain kahta siltatyyppiä, on tavoitteena saada tietoa kustannusvaikutuksista puisen sillantuennan rakentamisen sekä PERI:n valmistaman tuentakaluston välillä.

Opinnäytetyön tilaajana on Kesälahden Maansiirto Oy sekä yhteistyökumppanina toimii PERI Suomi Ltd Oy. Tutkimuksessa käytetään pääasiallisesti teoreettista tutkimusta, PERI Suomi Ltd Oy:n tuottaman sekä Kesälahden Maansiirron tarjoaman materiaalin avulla. Näiden materiaalien lisäksi tutkimuksessa käytetään apuna siltarakentamisen ajankohtaista kirjallisuutta.

Siltarakentaminen on erikoisrakentamista, jonka rakentamiseen on erikoistunut oma työkoulukunta. Tällä työntekijäryhmällä on iso merkitys siihen, kuinka siltoja rakennetaan yleisesti. Kirvesmiesten keskuudessa on selkeä negatiivinen asennoituminen terästuennan käyttämiseen, sillä he ymmärrettävästi ovat

huolissaan oman ammattikunnan säilymisestä siltarakentamisen alalla.

Terästuennan käyttämisellä mahdollistettaisiin ajan, kustannusten sekä materiaalien säästämistä pitkällä aikavälillä. Maanpinnan muotojen osuuteen kustannuksissa ei tässä opinnäytetyössä oteta kantaa, vaan ne oletetaan kauttaaltaan tasaiseksi.

## 1.1 Kesälahden Maansiirto Oy

Kesälahden Maansiirto Oy:lla on yli neljän vuosikymmenen kokemus vaativista infra-alan urakoista silta- ja teollisuusrakentamisessa, maarakentamisessa ja rakentamisessa. Yritys on kehittynyt tasaisesti ja vakiinnuttanut asemansa Suomen kymmenen suurimman maarakennusyritysten joukossa. Toiminnan voidaan katsoneen alkaneen vuonna 1957. Silloin toisten palveluksessa koneenkuljettajina työskennelleet veljekset Veikko ja Pekka Karjalainen ostivat oman maansiirtokoneen ja aloittivat sillä urakoinnin. Yrityksen kasvaessa vuonna 1964 perustettiin avoin Maansiirtoliike V & P Karjalainen, jonka toiminta vuonna 1975 siirtyi osakeyhtiöksi nimeltään Kesälahden Maansiirto Oy. Yrityksen työn laatu, monipuolisuus ja toiminnan varmaotteisuus ovat tehneet yrityksestä halutun ja arvostetun yhteistyökumppanin. Kesälahden Maansiirto Oy on tasaisesti kasvanut yrityksenä vuosien mittaan, jossa tänä päivänä on liikevaihtoa noin 80 miljoonaa euroa. Henkilöstöä työnjohtaja puolella on noin 50 henkeä ja työntekijöitä noin 130 henkilöä. Vuoteen 2014 Kesälahden Maansiirto Oy oli täysin perheomistuksessa, mutta kaupan myötä osake-enemmistö siirtyi Intera Partners Oy:lle. Intera Partners Oy on suomalainen pääomasijoittaja, joka sijoittaa hyvän kasvupotentiaalin, 10 – 100 miljoonan liikevaihdon omaaviin yrityksiin. Kesälahden Maansiirto Oy liittyi Intera Partnersin perustettuun Infrak-konserniin. Tähän konserniin kuuluu nykyään kolme yritystä, joita ovat Finseula Oy, Kesälahden Maansiirto Oy ja Insinööritoimisto Seppo Rantala Oy. (Intera Partners; Yrittäjät.)

## 1.2 PERI GmbH ja PERI Suomi Ltd Oy

PERI GmbH on maailman suurin muottien ja telineiden valmistaja sekä huoltaja. Sillä on tällä hetkellä noin 5000 työntekijää ympäri maailmaa. Yhtiö on perustettu vuonna 1969, ja on edelleen perheomistuksessa. Pääkonttori sijaitsee Weibenhornissa, Etelä-Saksassa. Samassa yhteydessä sijaitsee tuotekehitys, tuotteiden valmistus, esikasaus sekä vuokraamo. Muita PERI:n tytäryhtiöitä toimii yli 65 maassa ympäri maapallon ja näissä on yhteensä 100 toimivaa logistiikkakeskusta muotti ja telinepalveluineen. Kansainvälisesti PERI:llä on maailman suurin vuokravarasto, jonka ansiosta se pystyy toimittamaan tuotteita myös kotimaan rajojen ulkopuolelta luotettavasti, nopeasti ja joustavasti tytäryhtiöiden kesken. Suomeen on perustettu PERI GmbH:n tytäryhtiö vuonna 1993, PERI Suomi Ltd Oy. Suomeen perustettu tytäryhtiö vuokraa ja myy emoyhtiön valmistamia betonimuotti- tuenta- ja telinejärjestelmiä, sekä niihin liittyviä oheistuotteita ja palveluita. Yrityksessä on työntekijöitä vuonna 2015 noin 60 henkeä. PERI Suomi ei itse varsinaisesti valmista mitään tuotetta, vaan huolehtii emoyhtiön tuotteiden myynnistä ja vuokrauksesta, sekä tarjoaa lisäarvopalveluna tuotteidensa esikasaamista omissa tiloissa ennen työmaille kuljetusta. PERI Suomi tarjoaa muottien ja telineiden parhaimmat käyttöratkaisut ja käyttötavan suunnittelun yhdessä asiakkaan kanssa. PERI Suomen päätoiminnot sijaitsevat Hyvinkäällä, jonka yhteydessä on yrityksen hallinto, sekä tarjoamiensa palveluiden suunnittelu. Logistiset keskukset sijaitsevat Hyvinkäällä ja Haukiputaalla. (PERI Suomi Ltd Oy.)

## 2 SILTOJEN RAKENTAMISEN HISTORIA

### 2.1 Siltojen historia viime vuosisadalla

Sillat ovat kautta aikojen kiehtoneet ihmismieltä, ne ovat mahdollistaneet liikkumisen esteettömästi koskien tai jokien yli. Mitään eroa ei näytä olevan sillä, onko kyseessä luonnon muokkaama kiviholvisilta tai metsässä kaatunut puu tai alkeellisesti rakennettu riippusilta. Samoin nykypäivänä rakennettu puinen, teräs- ja betonisilta ei eroa kiinnostavuudellaan menneisyydestä. Nykyisin käytössä olevat materiaalit ja tieto antavat mahdollisuuden suunnitella ja rakentaa jännemitaltaan useiden satojen metrien pituisia siltoja. (Sillat: RIL 179, 12.)

Viimeisen vuosisadan kehitys on ollut huimaa siltojen tekniikoiden ja materiaalien kehityksessä ja niiden yhdistelyssä toimiviksi rakenteiksi. Vielä 1800-luvun lopulla teräs oli siltojen rakentamisen pääraaka-aine. Silloin syntyivät suuret teräsristikkosillat, riippusillat ja ulokesilta, joista tunnetuin lienee vuonna 1889 valmistunut 521 metriä pitkä rautatiesilta Skotlannissa. Teräs tarjosi materiaalina nopeampaa rakentamista kevyillä rakenteilla, joka mahdollisti pidemmällä jänneväliä olevia siltoja. Terässiltojen haittapuoliksi ilmenivät korkeat huoltokustannukset, sekä rajoitettu kantokapasiteetti. Tästä huolimatta 1800-vuosisadalla rakentamisessa käytettiin pääsääntöisesti rautaa ja terästä. (Sillat: RIL 179, 12.)

Teräsbetonisillat saivat alkunsa ranskalaisen puutarhuri Joseph Monierin vuonna 1869 patentoimasta raudoitetusta betoniruukusta, joka johti teräksisten siltojen korvaamiseen teräsbetonilla.. Tällöin rakennettiin ensimmäinen yksiaukkoinen palkkisilta Ranskaan vuonna 1875. Vuoden 1910 alussa alettiin valmistaa palkki- ja kehäsiltoja käyttämällä 30 metrin jännemittoja. 1930 luvulla alkoi Ranskassa jännitettyjen betonisiltojen rakentaminen, mutta toinen maailmansota keskeytti työt. Sodan jälkeisen aikakauden teräspula sai aikaan betonirakenteiden kehittämisen, jolloin suunniteltiin keinotekoisesti puristava voima betonin vetojännityksiä vastaan. Tämä on esijännitetty silta, jossa voi saada materiaalisäästöä jopa 80 % teräksen osalta, sekä betonin osalta 30 %. Tällainen siltatyyppi rakennettiin Ranskaan vuonna 1945 ja se oli jännemitaltaan 55 metriä. (Sillat: RIL 179, 13.)

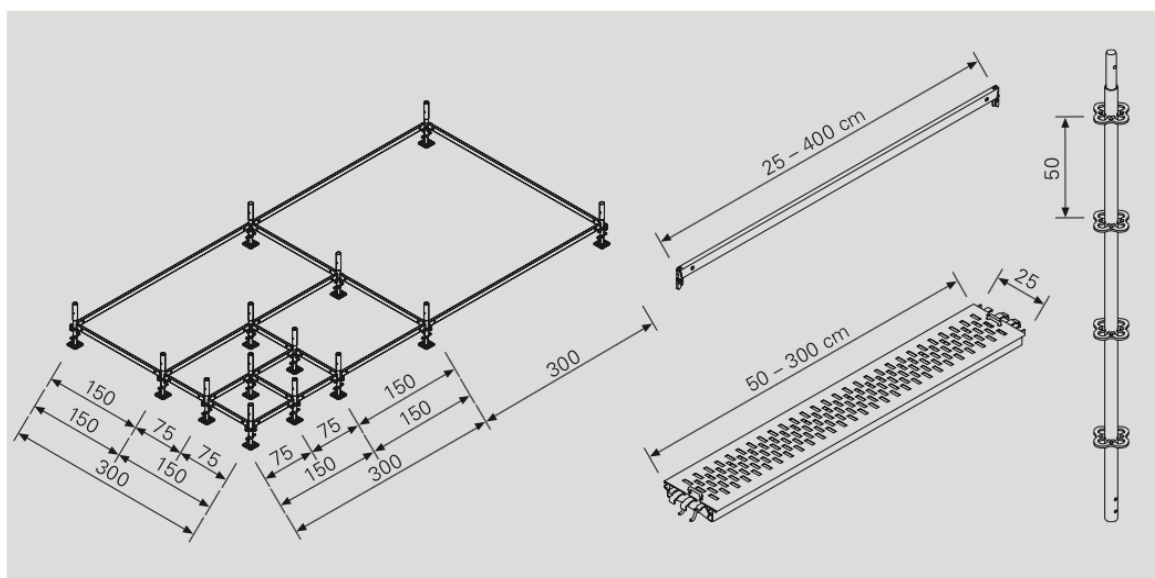
## 2.2 Laattapalkkisilta

Betoninen teräslaattapalkkisilta on massoittelultaan kevennetty massiivisesta laattasillasta, koska jännemitan kasvaessa on massiivisen laatan rakenteellista paksuutta kasvatettava suhteessa kuormiin ja niiden kestävyys saavuttamiseksi. Tästä johtuen tasapaksuisen laattasillan oma paino on liian suuri, jolloin se voisi aiheuttaa vaurioita sillan rakenteissa. Tällöin voidaan keventää sillan reunaulokkeita ja välitteitä ohuemmiksi rakenteeltaan. Tämä massoittelun vähennys aiheuttaa sillan omapainon pienentymistä ja mahdollistaa sillan rakentamisen pidempijänteiseksi, kuten liitteessä 1 esimerkki sillan poikkileikkauksessa käy ilmi. Jännitettynä voidaan sillan omapaino tehdä poikkileikkaukseltaan kevyempänä, kuin pelkkä teräsbetoninen silta. Jokainen silta on syytä suunnitella tapauskohtaisesti, jossa poikkileikkauksen mittasuhteet on mietittävä erikseen ja sovitettava ympäristöön. (Sillat: RIL 179, 125–133.)

### 3 PERI-KALUSTON ESITTELY

#### 3.1 PERI UP Rosett flex

PERI UP Rosett flex on järjestelmäteline, jolla pystytään saavuttamaan käytettävyydelle kriteerit telinerakentamisessa, joita ovat joustavuus, turvallisuus ja nopea asentaminen. Suurimpana tekijänä telineessä voidaan pitää sen mukautumiskykyä itse asentamisessa. Tämä saavutetaan metrisellä ruutumitoituksella pituus- ja leveyssuunnassa, mitoilla 25 tai 50 cm:n kuten kuvassa 1 esitetään.

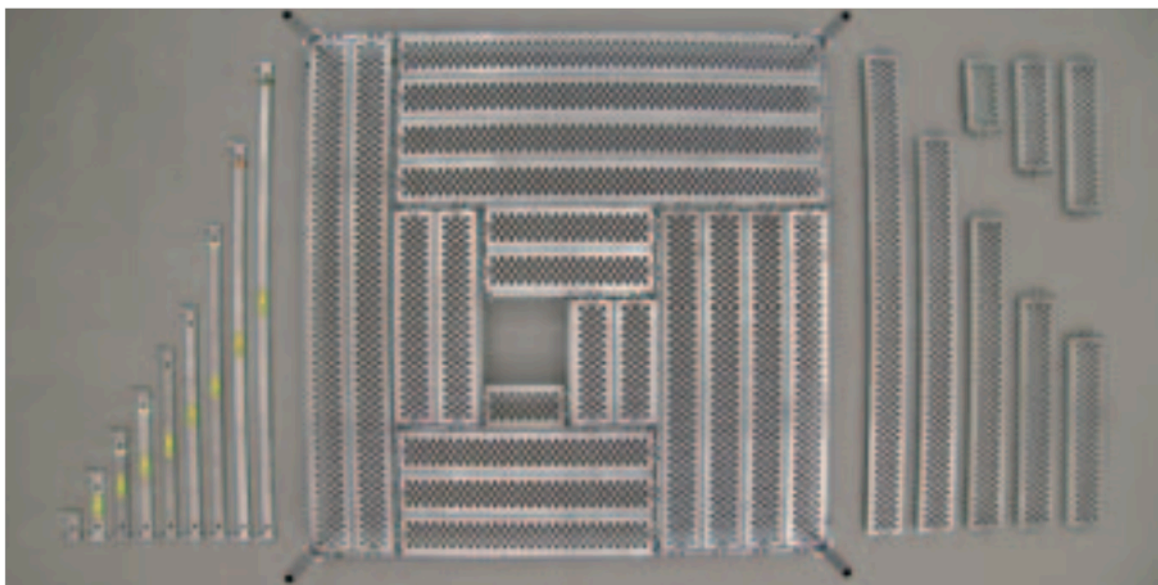


Kuva 1. PERI UP Rosett flex ruutumitoitus (PERI UP Rosett Flex, esite: PERI Suomi Ltd Oy, 4.)

Rosett Flex on sovellettavissa työtasoksi, kulkutieksi tai tuentatelineeksi käyttötarkoituksen mukaan. Telineen kasaamisessa korostuu sen helppo käytettävyys, jonka ansiosta telineen kasauksen voi suorittaa henkilö, joka ei ole niin päteväitynyt, kuin ammattikirvesmies. Kasauksessa ei tarvita lainkaan työkaluja liitoksien vahvistamiseen, vaan tämä tapahtuu eri mekanismien avulla.

Vaakajuoksujen päissä oleva mekanismi on asennettavissa nopeasti painovoimaisen kiilautumisen ansiosta, kiinnittyen pystytolpan kiinnityslevyyn. Tämä kiinnityslevy mahdollistaa vaakasuunnassa, jopa kaksitoista erilaista liitosasentoa vaakasiteelle. Telineitä (kuva 2) käytettäessä työtasoina, on vaakasiteisiin mahdollista asentaa tasot, joiden pituus vaihtelee

50 cm:stä 3,0 metriin. Ainoastaan tason leveys pysyy muuttumattomana, joka on 25 cm:ä. Työtasojen liittäminen vaakasiteisiin tapahtuu myös painovoimaisesti kiinnitysmekanismin avulla, kuten vaakasiteissä näin tapahtuu. Näiden liitosmekanismien ansiosta vaakasiteiden liitoksien jäykkyyden ja lujuuden ansiosta, mahdollistetaan järjestelmälle suuri kuormitettavuus ja monissa tapauksissa ei vinosidettä edes tarvita. Järjestelmässä vaakajuoksut vahvistavat rakennetta riittävästi. (PERI UP Rosett Flex, esite: PERI Suomi Ltd Oy, 2–14.)



Kuva 2. PERI UP Rosett Flex:n järjestelmän osat. (PERI UP Rosett Flex, esite: PERI Suomi Ltd Oy, 12.)

### 3.2 GT 24 -palkki



Kuva 3. PERI GT 24 -puuristikkopalkki. (GT 24 -palkki: PERI Suomi Ltd Oy.)



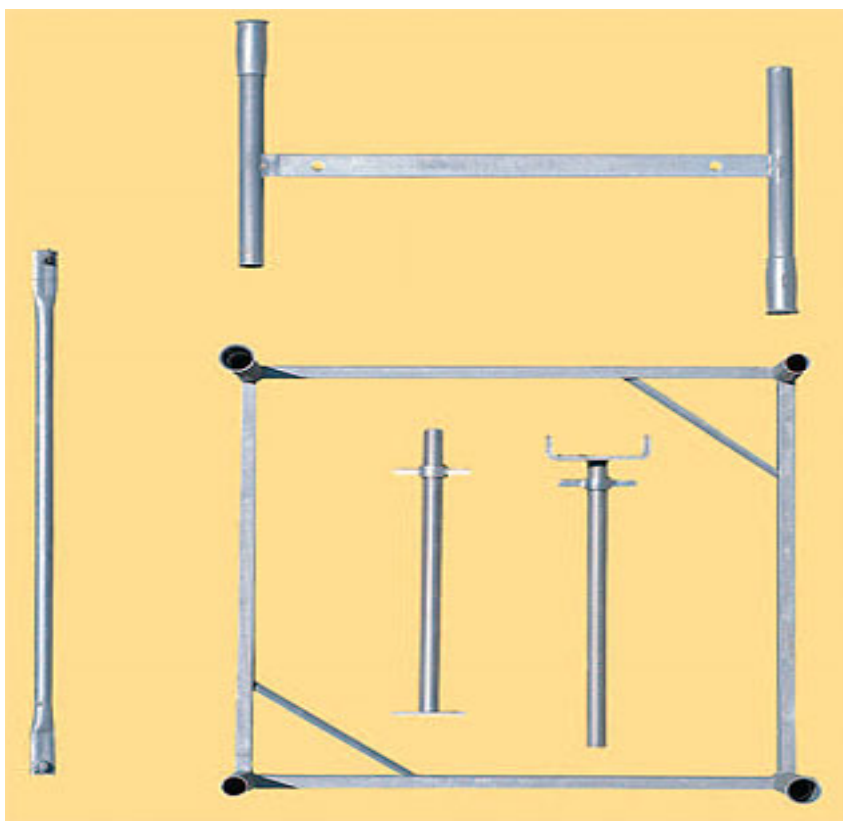
GT 24 -palkki (kuva 3) on patentoitu puuristikkopalkki paarreliitosten osalta. Palkin nimitys tulee siitä, kuinka korkea se on kokonaiskorkeudeltaan. Palkin rasituskestävyys on testattu ja sillä on mittaustesteissä saavutettu pistekuormana 28 kN kestävyys. Pituudeltaan palkki voi vaihdella 0,9–6 metriin ja tarpeen tullen palkkia voidaan jatkaa jatkosraudoilla toisella palkilla. Siltarakentamisessa GT 24 -palkki sopii niskapalkiksi ja ristiin koolattavaksi koolauspalkiksi. Seinissä ja holveissa käytettynä sovelletaan GT 24 -palkkia VARIO-järjestelmää (kuva 4). Tässä järjestelmässä valitaan betonipintaa vasten tulevan muottipinnan levy sekä levyn koko ja sen kiinnitystapa GT 24 -palkkiin. VARIO GT 24 on myös saatavana valmiiksi koottuna ja se on varustettu vanerilla ja poikittaisella GT 24 -palkilla. Tällöin muottipalkki on se, joka eniten vaikuttaa seinä- ja holvimuotin taloudellisuuteen. Ratkaiseva tekijä ei ole investoinnin suuruus, vaan kaluston kestävyys ja käsittelykustannukset. GT 24 -palkilla voidaan oikein käytettynä saavuttaa pitkä käyttöikä sen uudelleen käytettävyyden vuoksi. Tämän seurauksena saadaan raaka-aineen hankintakustannuksia vähennettyä merkittävästi. (VARIO GT 24, esite: PERI Suomi Ltd Oy, 10–12.)



Kuva 4. GT 24 -palkkia sovellettu VARIOKIT-järjestelmään. (VARIOKIT: PERI Suomi Ltd Oy.)

### 3.3 ST 100 -tukitorni

ST 100 on tuentajärjestelmä, jossa on vain viisi toisiinsa liitettävää osaa (kuva 5). Osat ovat peruskehys, jatkokehys, vinoside, säätöjalka ja tukihaarukka. Osien vähyys mahdollistaa sen, että ST 100 on nopea asentaa ja kaikki osat kiinnittyvät toisiinsa ilman erillisiä pultteja ja sokkia. Osien vähäisellä määrällä voidaan pienentää varastointimäärää ja sujuvoittaa tornin kasaamista. Tornin kasaamisen voi helposti suorittaa yksittäinen henkilö ilman käytettäviä työkaluja, vain liittämällä osat toisiinsa kiinni. Osien yksittäinen peruskehikko painaa 17 kg ja jatkokehys 7 kg. Tarvittaessa voidaan käyttää vain neljää osaa, jos vinositeitä ei ole vaadittu. Voi olla tilanteita, joissa ST 100 -tukitornia joudutaan siirtämään paikasta toiseen nosturilla. Tällöin on täytynyt asentaa tukitornin vinositeet paikalleen, jotta torni kestää kasassa nostamisen ajan. (ST 100 -tukitorni: PERI Suomi Ltd Oy.)



Kuva 5. ST100 -tukitornin osat (ST 100 -tukitorni: PERI Suomi Ltd Oy)

#### 4 SILTOJEN TUENNAN SUUNNITTELU

Siltatuennan ja telinesuunnittelun lähtökohtina ovat oikeiden ja käytännönläheisten suunnitelmien vertailu ja suunnittelu. Suunnitelman tilaaja (yleensä pääurakoitsija) haluaa saada työn tehdyksi mahdollisimman nopeasti ja kustannustehokkaasti. Näin ollen tuentasuunnitelmilla on suuri vaikutus lopputulokseen. Siltakannen muottityöt ja sen alapuolelle tuleva tuentatyö voivat olla kokonaiskustannuksiltaan 15–30 % koko urakan kokonaiskustannuksista. Lisäksi kustannuksia lisääviä tekijöitä voivat olla mm. huonot pohjaolosuhteet, jossa on heikko maapohjan kantavuus. Telineet on tällaisessa tapauksessa perustettava paaluille. Korkeissa silloissa joudutaan kuormitukset viemään pidemmän matkan päähän kansilaatasta, jolloin tuennan on oltava vahvempi ja materiaalin menekki on suurempi. Lisäksi lisäkustannuksia saattavat aiheuttaa suunnittelu- tai työvirheet. Suunnitelmista ja toteutuksista aiheutuvat virheet heikentävät sillan laatua, joka näkyy seurauksena lopullisessa ulkonäössä. Tämän lisäksi kantavuus ja pitkäaikaiskestävyys ovat uhattuina. (Tiehallinto: Siltojen tukitelineet – 2007, 11.)

Korjaustoimenpiteisiin voidaan joutua suunnittelun- ja toteutuksen aiheuttamista virheistä. Huolimattomuus voi aiheuttaa suuria lisäkustannuksia virheistä johtaneisiin telinevaurioihin ja kansilaatan vaurioitumiseen. Tyypillisimpiä vaurioon johtaneita syitä ovat roudan sulaminen telineperustusten alta liian aikaisin, kaivantojen ja luiskien sortuminen perustusten alta, sekä alkuperäisestä telinesuunnitelmasta poikkeaminen rakentamisen aikana ja siitä ilmoittamatta jättäminen suunnittelijalle. Näiden lisäksi talvella täytön yhteydessä esiintyvä maapohjan jäätyminen, rakenteellisesti puutteelliset asennetut vinositeet etenkin kulkuaukkojen reunamilla, pystytolppien nurjahtelu sekä telineisiin törmääminen ovat tyypillisiä vaurioihin johtavia syitä. (Tiehallinto: Siltojen tukitelineet – 2007, 11.)

Sillanrakentamisessa käytettävät tukitelineet ovat väliaikaisia rakenteita, joiden tehtävänä on antaa tukea rakenteilla olevalle sillan kansilaatan rakennustyölle (kuva 6). (Tiehallinto: Siltojen tukitelineet – 2007, 9.)



Kuva 6. Väliaikainen puinen tuenta tienylityksen kohdalla. (Janne Suntio)

Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on huolehtimisvelvollisuus, mikä tarkoittaa toteutuksen ja suunnitteluun liittyvien määräyksien ja lakien noudattamisesta huolehtimista. Tällöin on myös varmistettava suunnittelijoiden ja toteuttajien pätevyys suorittamaan kyseisiä rakennushankkeita. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 8.) Vastuualue koskee myös tukitelineiden osuutta rakennushankkeessa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tehtäviin varataan tarpeeksi osaamista ja aikaa, jotta projektit saadaan vietyä loppuun aikataulussa. Suunnittelua ja toteutusta varmistetaan tarkastuksilla ja tarpeellisilla valvontatoimenpiteillä, kuten työmaakäynneillä ja osallistumalla työmaakokouksiin.

Tilaajan hyväksymällä rakennuttajalla, joka toteuttaa rakennuskohteen itse tai alihankintana, on velvollisuus valvoa tukitelineiden rakentamista ja erityisesti huolehtia telineiden työturvallisuustarkastuksista. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 9.) Jotta toteutettava kohde saavuttaisi hyväksytyn lopputuloksen tilaajan puolesta, on rakennuttajan annettava suuri painoarvo telinesuunnitelmille, sillä suunnitelmien merkitys sillan laatuun on huomattava. Sillan lopulliseen ulkonäköön ja laatuun voidaan vaikuttaa positiivisesti tekemällä tiivistä yhteistyötä rakentajan ja

telinesuunnittelijan välillä. Tällöin voidaan saavuttaa kustannustehokkuutta vähemmällä henkilötöytunneilla ja säästetyllä materiaalilla. Positiivisina seurauksina on myös pienempi riski joutua suorittamaan virheistä aiheutuneita korjaustöitä ja siitä johtuvia arvonalennuksia.

Tukitelineiden lujuudesta, vakaudesta ja käyttötarkoitukseen soveltuvuudesta on oltava riittävä varmuus, minkä selvittämiseksi laaditaan telinesuunnitelma. Siltarakenteiden ja muiden vastaavien massiivisten rakenteiden telineistä tehdään aina telinesuunnitelma. Suunnitelmaan kuuluvat lujuuslaskelmat, piirustukset ja tarvittaessa erillinen työselvitys, mutta tämän lisäksi on otettava huomioon ympäristön ja rakenteelliset muodonmuutokset. Näitä muodonmuutoksia ovat esimerkiksi perusmaan painauma, esikasattujen telineiden vakaajatappien muutokset, liitoksien ja näiden kosketuspintojen sekä puisten pystytolppien kokoonpuristumisen muutokset. Esivalmisteisista rakenneosista koottavia telineitä käytettäessä suunnitellaan työkohtainen telinesuunnitelma, jonka pohjana käytetään telinejärjestelmän käyttöselostetta. Esivalmisteisissa tuentakalustoissa saadaan nopeammin ja helpommin mittatarkkuutta parannettua. Ympäristöolosuhteista johtuvaa painumaa voidaan nopeasti korjata pystysuuntaisesti säädettävien tukijalkojen ja niskakannattimien avulla. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 30.)

Silta on kokonaisuus, joka muodostuu alusrakenteesta ja päällysrakenteesta. Päällysrakenteen kuormat siirtyvät alusrakenteen kautta maapohjaan. (Sillat: RIL 179, 96.) Tämä täytyy olla myös tiedossa väliaikaisia telineitä suunniteltaessa ja mitoitettaessa, jotta ne pystyvät sekä rakennusvaiheessa ja valmiina ollessaan siirtämään niihin kohdistuvia kuormia maapohjalle tai muulle alustalle. Tukitelineen mitoittavaan omaan kuormaan kuuluvat telineiden ja muottien sekä telineeseen tukeutuvat työtasot, kulkutiet, portaikot ja suojakatoksien paino. Telineen rakentajan ja suunnittelijan on saatava tarpeellinen tieto pohjaolosuhteista, jotta he voivat varmistua alustan kestävydestä ja siihen kohdistetusta kuormasta. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 15–30.)

## 4.1 Telineiden perustaminen

Ennen telineiden perustamista on täytynyt tehdä pohjatutkimuksia koko sille alueelle, joka vaikuttaa telineiden perustamiseen. Jos pysyvää rakennetta varten tehdyt tutkimukset eivät ole olleet riittäviä, joudutaan etenkin vaativissa perustamisolosuhteissa tekemään telineitä varten lisätutkimuksia. Maanvaraan perustaessa telineiltä tulevat kuormitukset johdetaan maapohjalle, telineanturoiden (pelkkojen) avulla. Telineanturoita ovat aluspuut, siihen tarkoitukseen sopivat valetut betonianturaelementit tai teräsprofiilit. Jotta kantavuutta olisi tarpeeksi, tehdään yleensä telineanturoiden alle hyvin tiivistetty murske-, sora- tai sepeliarina. Arinan maapohjaan sekoittuminen estetään suodatinkankaalla. Arinan paksuus ( $\geq 300$  mm) on mitoitettava geoteknisen kantavuuden perusteella, jos pohjamaa on lujuudeltaan tai kokoonpuristuvuudeltaan huonompaa kuin arina. Tällöin arinan paksuus on mitoitettava painuma- ja kantokykylaskelmien perusteella ja painumien vaikutus telineisiin on selvitettävä. Kantavuuden määrittämiseen voidaan käyttää levykuormituskoetta, painopudotuslaitetta tai kevyttä painonpudotuslaitetta. Jos tukitelineiden perustukset on tehty mitoitusten edellyttämän ohjeen mukaan keskitiiviiksi, voidaan tiiviystarkkailu suorittaa työtapatarkkailulla. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 37–42.)

### 4.1.1 Vaativat pohjaolosuhteet

Tukitelineiden perustuksia suunnitellessa on otettava huomioon roudan vaikutus telineperustuksiin ja niiden rakenteisiin. Routanousu on maanpohjan jäätymisestä aiheutuvaa routimisnousua, jonka suuruutta on hankala arvioida etukäteen. Routiminen voidaan estää massanvaihdoilla roudattomaan materiaaliin tai käyttämällä lämpöeristettä, mutta pelkästään telineitä perustettaessa kyseinen toimenpide on usein liian kallis. Yleisesti ottaen rakentamista jäätyneen maan päälle tulee välttää, koska routanousun ja sulamisen aiheuttamaa löyhtymistä tapahtuu kuormituksen vaikutusaikana perustusten alapuolella. (Sillat: RIL 179, 252–253.)

Vaikeissa pohjaolosuhteissa, joissa maan varaan perustaminen ei ole painumien suuruuden, heikon kantavuuden tai jostakin muusta olosuhteista johtuvan vuoksi mahdollista, saatetaan telineet joutua perustamaan paaluille syvemmällä

sijaitsevalle kantavalle maakerrokselle tai kalliolle. Paalutuksen suunnitelma on suositeltavaa tehdä muun pohjarakennussuunnittelun yhteydessä. Jos pohjatutkimukset on tehty huolimattomasti tai väärillä menetelmillä, voi tämä nostaa kustannuksia. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 44–45.) Paalutusohje sanoo, että pohjatutkimus on ulotettava niin syvälle ja laajalle alueelle, että pystytään tunnistamaan kaikki maapohjan muodostumat ja kerrostumat, joilla voi olla vaikutusta paalutustyöhön (Paalutusohje: RIL 254-1-2011, 35.) Telineet voidaan paaluttaa tukipaalulla, kitkapaalulla tai koheesiopaalulla. Materiaaleina käytetään yleensä puuta, jonka halkaisija on latvaläpimitaltaan on 150 mm. Rautateiden vieressä on kannattavampaa käyttää avoimia teräsputkipaaluja ja muotoprofiloituja paaluja. Etuna profiilipaaluilla on maahan syntyvien pienien vaaka- ja pystysiirtymien vähyys. (Sillat: RIL 179, 255.)

#### 4.1.2 Tuennan ennakkokorotus

Telineiden ja telineperustusten pohjan muodonmuutoksiin kohdistuvassa suunnittelussa ja rakentamisessa täytyy ottaa huomioon, että rakenne saa sille suunnitellun muodon ja aseman. Telineestä ei saa pysyville rakenteille aiheutua haitallisia lisäjännityksiä, joita ei ole otettu huomioon suunnittelussa. Tästä johtuen rakennusaikaiset muodonmuutokset otetaan huomioon tuennan suunnittelussa. Suunnittelussa on otettava huomioon mm. telineen vakaajakannattimien siirtymä, telineosien liittymäkohta ja niiden kosketuspinnnoissa tapahtuvissa siirtyminen. Pysyvien kuormien aiheuttamissa taipumissa täytyy ottaa suunnittelussa huomioon valmisteilla olevan sillan omapaino. Tämä saadaan lasketuksi kansilaatassa käytettävästä materiaalista, laatanpaksuudesta ja tuentapisteidien jännevälillä etäisyydestä (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 31–37). Jännitetyissä silloissa pysyvien kuormien taipumaa voidaan säätää jännevoiman suuruudella ja jännegeometrialla. (Sillat: RIL 179, 96.)

## 4.2 Laatuvaatimukset siltarakentamiselle

Siltojen rakennusteknisille osille sekä pohja- ja telinesuunnittelulle asetetaan laatuvaatimukset. Suurin haaste on kuitenkin urakoitsijalla, jolla on lopullinen vastuu valmiista sillasta. Osien on myös oltava mitoiltaan, sijainniltaan ja muilta ominaisuuksiltaan suunnitelma-asiakirjojen määrämä. Jokaisen osa-alueen on täytettävä laatuvaatimukset erikseen. Urakoitsija laatii jokaisesta sillan eri osa-alueen toteuttamisesta tuotantosuunnitelmat, näitä ovat

- laatusuunnitelmat
- tekniset työsuunnitelmat
- työmaan aluesuunnitelma
- tie ja siltatöiden yhteensovittamissuunnitelma
- liikenteenohjaussuunnitelma
- turvallisuussuunnitelma
- ympäristösuunnitelma (Rakennustieto Oy: InfraRYL 2006 Osa 3, 80).

Sillalle asetetaan laatuvaatimuksissa korkeus- ja vaakatason sijaintipoikkeavuus eri siltatyypeille. Sallitut poikkeamat korkeus- ja vaakatason suunnissa.

Taulukko 1. Sallitut sijaintipoikkeavuudet siltarakentamisessa. (Rakennustieto Oy: InfraRYL 2006 Osa 3, 74.)

Sillat:	Pysty poikkeama	Pysty enimmäispoikkeama	Vaaka poikkeama	Vaaka enimmäispoikkeama
Moottoriteiden silta	±20 mm	±40 mm	±20 mm	±40 mm
Moottoriliikenneteiden silta	±20 mm	±40 mm	±20 mm	±40 mm
Valtateiden silta	±20 mm	±40 mm	±20 mm	±40 mm
Ylikulkusilta	±20 mm	±40 mm	±20 mm	±40 mm
Risteyssilta	±20 mm	±40 mm	±20 mm	±40 mm
Rautatiesilta	±20 mm	±40 mm	±20 mm	±40 mm
Muut sillat	±40 mm	±80 mm	±40 mm	±80 mm



Sillan paikan sijainti tarkistetaan sillan päällysrakenteen yläpintaan, maa- ja välitukien kohdalle asennettujen tarkkailutappien kohdalta (Rakennustieto Oy: InfraRYL 2006 Osa 3, 74.). Edellytyksenä mittauksen onnistumiselle on huolella tehty mittaussuunnitelma. Suunnitelmissa on esitettävä mm. mittauksen suorittava pätevoitynyt henkilö, käytettävä kalusto, sekä mittaukseen tarvittavat lähtötiedot. Näistä tekijöistä huolimatta suurimpana virheiden aiheuttajana voidaan pitää inhimillistä virhettä. Mittaussyunnitelma on esitettävä rakennuttajalle hyväksyttäväksi ennen rakennustöiden aloittamista. (Sillat: RIL 179, 224.)

Jotta varmistetaan sillan laadukas rakentaminen, on edellytyksenä ja laadunvarmistuskeinoina työvaiheiden laadukas ohjaus sekä yksityiskohtaiset ja laadukkaat pysyvien rakenteiden suunnitelmat. Näiden lisäksi selkeät ja yksityiskohtaiset tuotannon suunnitelmat varmistavat laadukkaan rakentamisen mahdollistumisen. Jokaisen työvaiheen jälkeen tehdään työntarkastus, sekä pidetään yllä jatkuvaa laadunraportointia itselle sekä tilaajalle. Urakoitsijan on säilytettävä kaikkia suunnitelmia ja raportteja liitteineen, vähintään takuutarkastukseen asti. (Rakennustieto Oy: InfraRYL 2006 Osa 3, 77–78.)

#### 4.3 Työturvallisuus siltarakentamisessa

Rakennuttajan on laadittava aina rakennushanketta varten, vaativuuden huomioon ottaen, rakentamisen suunnittelua ja aloittamista varten asiakirjat. Näissä on selvitettävä ja esitettävä vaara- ja haittatekijät, sekä rakennushankkeen toteuttamiseen liittyvät työturvallisuutta ja työterveyttä ehkäisevät toimenpiteet. Rakennuttajan on myös huolehdittava suunnittelussaan vaarojen ja haittojen ennaltaehkäisystä ja huomioida nämä töiden suunnittelussa, työvaiheiden ajoituksessa, kestossa ja niiden yhteen sovittamisessa. (Rakennustyön turvallisuuslaki 205/2009, 7 §.)

Rakennuttajan on lisäksi laadittava kirjalliset menettelyohjeet rakennushankkeen olosuhteista, ominaisuuksista ja luonteesta aiheutuvat vaara- ja haittatekijät, sekä hankkeen toteuttamiseen liittyvät työturvallisuutta ja työterveyttä koskevat riskit. Tärkeää on selvittää ja tunnistaa nämä riskit. Myös työmaahan liittyvä teollinen tai muu siihen rinnastettava toiminta on otettava huomioon selvityksessä. Rakennuttajan on laadittava rakennustyön toteuttamista varten kirjalliset

turvallisuussäännöt. (Rakennustyön työturvallisuuslaki 205/2009, 8 §.)

Rakennuttajan tehtäviin kuuluu myös nimetä rakennustyömaalle päätoteuttaja. Jos työmaalle ei ole nimetty päätoteuttajaa, vastaa rakennuttaja myös päätoteuttajalle kuuluvista velvollisuuksista. (Rakennustyön työturvallisuuslaki 205/2009, 6 §.)

Jokainen työvaihe on voitava toteuttaa turvallisesti aiheuttamatta vaaraa kenellekään työmaalla työskentelevälle tai siellä työn muille vaikutuspiirissä oleville. Turvallisuussuunnitelmissa esitetään eri töiden ja työvaiheiden tekeminen ja niiden ajoitus siten, että ne käytännössä voidaan toteuttaa turvallisesti ja aiheuttamatta vaaraa kenellekään työmaalla työskentelevälle. Työkohtainen turvallisuussuunnitelma tehdään mm. työ- ja tukitelineistä ja putoamisvaarallisista töistä, sekä elementtien asennustöistä, joissa joudutaan tekemään nostoja ja siirtoja. Näiden lisäksi turvallisuus suunnitelma laaditaan myös muista vastaavanlaisista töistä. (Rakennustieto Oy: InfraRYL 2006 Osa 3, 82.)

Päätoteuttaja voi laatia turvallisuussuunnitelman osana toiminta- ja laatusuunnitelmaa. Suurimmaksi turvallisuustekijäksi on kuitenkin nostettava työntekijä, joka on perehdytettävä työmaahan ja sen käytäntöihin. Työntekijälle on tehtävä tarkka selostus teoriassa huomioitavista turvallisuusseikoista ja tehtävä tämän jälkeen työmaakierros, jonka avulla näytetään kuinka työmaalla toimitaan. Tällöin jokaiselle on tehtävä selväksi työmaalla olemassa olevat vaarat ja vallitsevat olosuhteet. Jokaisen on oltava myös selvillä turvallisuussuunnitelmien sisällöstä ja noudatettava niiden ohjeita. Päätoteuttajan itse on oltava tietoinen keitä työmaalla työskentelee ja pidettävä heistä ajan tasaiset tiedot rekisterissä. (Rakennustieto Oy: InfraRYL 2006 Osa 3, 82–83.) Turvallisuusasiakirjan laadinta ei ole vain kertaluontoinen asia, joka hoidettuaan voidaan unohtaa. Sitä täytyy täydentää rakentamisprosessin kuluessa jatkuvasti. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 107.)

#### 4.4 Putoamissuojaus ja kulkutiet telinerakentamisessa

Laki määrää tarkkaan milloin tulee olla putoamissuojaukset asennettuna ja millä korkeudella. Putoamisesteiden on oltava vaikutusalueiltaan mahdollisimman yhtenäisiä, eikä katkoksia saa syntyä. Jos työn toimenkuva vaatii putoamisen estävän suojan poistamista, on käytätettävä muita korvaavia suojatoimia. Työ ei

saa jatkua ennen kuin korvaavat toimenpiteet ovat tehty. Töiden valmistuttua on alkuperäinen suoja palautettava takaisin paikalleen. (Rakennustyön työturvallisuuslaki 205/2009, 27 §.)



Kuva 7. PERI UP Rosett -järjestelmäline. (PERI UP Rosett: PERI Suomi Ltd Oy.)

Siltarakentamisessa usein työskennellään korkealla, jolloin on mahdollisuus pudota tapaturmallisesti maahan tai jopa hukkua. Tällöin yli 2 metriä korkeammilla olevien työtasojen ja kulkuteiden vapailta sivuilta tippumisen estämiseksi on asennettava suojakaiteet (kuva 7). Lisäksi valutöitä suoritettaessa, siirrettävän valumuotin ja maanpinnan välisen etäisyyden ollessa yli kaksi metriä, tulee järjestää kaitein suojattu työtaso. Portaat ja porrastasot on vapailta sivuiltaan varustettava koko pituudeltaan suojakaiteilla. Jos portailla ei tarvita suojakaidetta on ne tarvittaessa varustettava erillisellä käsijohteella. Telineisiin, työtasoihin ja kulkuteihin asennettavan kaiteen korkeuden on oltava vähintään 1 metri. Tämän lisäksi suojakaide on varustettava käsijohteella, välijohdeella ja jalkalistalla. Jos työskentelyä ei ole mahdollista suorittaa turvallisesti suojatun alueen sisältä, on se mahdollista suorittaa putoamisen estävällä työtasolla tai henkilönostolaitteilla,

taikka suojaverkoilla tai muihin rakenteisiin kiinnitettävillä suojarakenteilla. Jos edellä kuvatut suojausmenetelmät eivät sovellu, on käytettävä putoamisen estävää valjastyypistä henkilösuojainta köysineen. (Rakennustyön työturvallisuuslaki 205/2009, 28 §.)

Aukkojen ja kulkuteiden yläpäiden merkitsemisestä tulee pitää huolta, jottei kukaan putoa tapaturmallisesti, kuten lailla määrätään seuraavanlaisesti:

” Kaikki kuilut ja muut aukot, joihin henkilöt tai tavarat saattavat pudota, on joko suojattava jalkalistallisilla kaiteilla tai suljettava kansilla. Suojakannet on merkittävä selvästi, jotta ne erottuvat ympäristöstään. Suojakansien siirtyminen paikoiltaan on estettävä. ” (Rakennustyön työturvallisuuslaki 205/2009, 31 §.)



Kuva 8. Suojakaiteet ja kulkutiet siltarakentamisessa (Matti Lievonen)

Kulkuteitä ja portaikoita on työmaalle järjestettävä riittävästi, jotta liikkuminen olisi siellä turvallista ja tarkoituksenmukaista (kuva 8). Kaikki kulkutiet on selvästi merkittävä ympäristöstä ja ne on pidettävä sellaisessa kunnossa, että liukastumis-, kompastumis- ja putoamisvaara on mahdollisimman vähäistä. Nousutasoilla ei saa pitää minkäänlaista tavaraa, sillä riskitekijänä on tavarantoiminnan putoaminen toisen ihmisen niskaan ja näin ollen saattaisi aiheuttaa tapaturman. Käytetty materiaali- tai käytössä ollut työkalu on järjestettävä pois muiden tieltä, aiheuttamasta vaaraa kellekään. (Rakennustyön työturvallisuuslaki 205/2009, 28 §.)

Telineitä ja portaita ei saa kuormittaa valmistajan ilmoittaman sallitun rajan yli, joten tällöin telineiden suurin sallittu kuorma tulee ilmoittaa telineitä käyttävälle, esimerkiksi telinekortilla tai muulla vastaavalla tavalla (Rakennustyön työturvallisuuslaki 205/2009, 51 §). Tällä voidaan ennakoida vaaratilanteita ja saada kaikki työmaalla tietoiseksi telineiden kuormittamisen rajoista.

#### 4.5 Tuentatelineiden tarkastukset ja valvonta

Tukitelineissä asetetaan laatuvaatimuksia kestävyydelle, tuolloin suoritetaan materiaalin tarkastus ja käyttöönottotarkastus välittömästi ennen telineeseen tulevia kuormituksia, sekä tarvittaessa vaativissa pohjaolosuhteissa erillinen perustustarkastus. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 101.)

*Rakennustyössä käytettävien koneiden, nostureiden ja muiden nostolaitteiden, nostoapuvälineiden, telineiden, siirrettävien muottien, väliaikaisten tukien, henkilönsuojainten ja muiden laitteiden rakenne ja kunto on rakennustyömaalla todettava käyttötarkoitukseen sopiviksi ja niitä koskevien vaatimusten mukaisiksi. (Rakennustyön työturvallisuuslaki 205/2009, 14 §.)*

Tarkastuksen suorittaa rakennuttaja ja rakentajan vastuunalaiset tai heidän määräämät henkilöt. Myös työntekijöiden keskuudesta valitun henkilön on mahdollista olla mukana telineiden tarkistamisessa. Jo ennen telineiden pystyttämistä ja rakentamista varmistutaan materiaalin laatu- ja lujuusominaisuuksista, sekä esivalmisteisten rakenneosien kunnon kelpoisuudesta. Vaativien pohjaolosuhteiden perustuksien tarkastuksen suorittaa myös geotekninen asiantuntija. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 101.)

Pöytäkirjaan merkitään tarkastuksissa tehdyt huomautukset tai poikkeavuudet, sekä määrääjat, joihin mennessä korjaustoimenpiteet tulee suorittaa. Näiden lisäksi pöytäkirjaan tulee merkitä tarkastuksen suorittaneet henkilöt, tarkastajat. Jos alkuperäisestä telinesuunnitelmasta on poikettu, on siitä saatava rakennuttajan ja telinesuunnittelijan hyväksyntä työn jatkamiseksi. Jotta kaikki nämä seikat

täyttyisivät, on vastuunalaisella työnjohtajalla oltava tarvittava tietomäärä ja kokemus telinetyöhön liitettävistä töistä, joita ovat:

- Telineiden rakentaminen hyväksytyn telinesuunnitelman mukaisesti, jotta telineitä ei kuormiteta suunnitelmien vastaisesti (poistamalla lumikuormat, käyttämällä betoniterästen tai elementtien varastona) ja näin ollen pysytään suunnitelmien asettamissa kuormissa. Tarkastamalla pystytukien määrän, sijainnin, asennon ja rakenteen, samoin jäykistyksen ja tuennan (vinositeiden kiinnitys ja määrän) oikeellisuus (kuva 9).
- Valvoa asianmukaisten työmenetelmien ja suojaustoimenpiteiden käyttöä, jotta vaaratilanteilta pystyttäisiin välttymään.
- Ympäristöolosuhteet voivat aiheuttaa vahinkoa telineperustuksille, tai itse telineille (talvisin jään kertyminen rakenteisiin tai puun turpoaminen jatkuvan vesisateen aiheuttamana) rakentamis- ja käyttöaikana. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 101.)

Rakennustyömaalla tehdään viikoittain kunnossapitotarkastuksia työkohteiden yleisjärjestyksestä, putoamissuojauksista ja telineiden kunnosta. Tällä pyritään varmistamaan turvallinen työskentely ja ennalta ehkäisemään vaaratilanteita. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 101–103). ”Tarkastus on uusittava, jos telineet ovat olleet kovassa tuulessa, voimakkaassa sateessa tai muussa erityisessä rasituksessa taikka käyttämättöminä olosuhteisiin nähden pitkähkön aikaa.” (Rakennustyön työturvallisuuslaki 205/2009, 15 §.)

Telineiden toimivuutta ja käyttäytymistä käydään valvomaan erityisesti siitä hetkestä, kun telineitä käydään kuormittamaan. Valvontaa jatketaan siihen asti, kunnes kuormitus on saavuttanut suurimman kuormituksen arvonsa. Työt joudutaan keskeyttämään mikäli tavallisuudesta poikkeavia seikkoja ilmenee, kuten rakenteista tulevia ääniä, taipumien kasvua, liitoksien siirtymiä tai perustusten painumia havaitaan. Poikkeavuuksiin johtaneet syyt on selvitettävä, sekä varmistuttava rakenteiden pysyvyydestä jatkossa, jotta töitä voidaan jatkaa töiden saattamiseen päätökseen. Jos rakenteessa havaitaan murtumia on välittömästi ryhdyttävä tuenta- ja varotoimiin sen pysäyttämiseksi. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 101–103.)





Kuva 9. Puinen siltatuenta (Matti Lievonen)

## 5 SILLANRAKENTAMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Velvoite rakennustyömaata ja erityisesti alueen käytön suunnittelua kohtaan, on päätoteuttajalle annettu laissa määräys. Päätoteuttajan on kirjallisesti tehtävä selvitys rakennustyömaa-alueen käytöstä. Selvityksessä on käytävä riittävän järjestelmällisesti ja tunnistettavasti läpi kyseessä olevan työmaa-alueen järjestely, sekä toteutukseen ja käytettävyyteen liittyvät haitta- ja vaaratekijät. Rakennuttajan on tällöin otettava huomioon omat turvallisuusasiakirjan tiedot suunnittelussa. Vaaraa ja haittaa aiheuttavat asiat on poistettava asianmukaisesti tai jos niitä ei voida poistaa, on arvioitava niiden merkitys siellä työskenteleville ja muille läheisesti vaikutuspiirissä oleville. Tällöin on suunnitelmissa kiinnitettävä erityistä huomiota muutamaa esille tuotavaan kohtaan. Näitä ovat toimisto ja varastotilojen määrään ja sijaintiin liittyvät asiat, rakennustarvikkeiden purkaus ja varastointipaikkojen sijainti, työmaan yleinen järjestys ja siisteys, kulku ja kuljetustiet, jätteiden ja turvallisuudelle vaaraa tai haittaa aiheuttavien materiaalien kerääminen, säilyttäminen, poistaminen ja hävittäminen työmaalta. Rakennustyömaa-alueen käytön keskeiset osat on tehtävä kirjallisesti, tarvittaessa rakennus- ja työvaihekohtaisesti. Suunnitelmat on olosuhteiden muuttuessa tarkastettava uudestaan niitä vastaaviksi ja pidettävä muutenkin ajan tasalla. (Rakennustyön työturvallisuus 205/2009, 14 §.)

Sillan rakentamisesta laaditaan ympäristönsuojelutoimenpiteet rakentamisen vaikutuksesta maaperään ja lähiasukkaille. Siinä otetaan huomioon mm. melu ja pölyhaitat, haitallisten aineiden leviäminen, rakennusjätteiden käsittely (kuva 10) ja kierrätys, suojeltavat rakennuskohteet tai arkeologiset löydökset. Kakki edellä esitetyt kohdat on esitetty työmaakohtaisessa ympäristösuojelusuunnitelmassa. Jos jätettä on ilman maa-, kiviainesta sekä ruoppausjätettä yli viisi tonnia, on se lajiteltava erilleen toisistaan. (Rakennustieto Oy: InfraRYL 2006 Osa 3, 83–84.)



Sillanrakentamisesta syntyvistä rakennusjätteistä ja – aineksista, ovat lajiteltavia materiaaleja, betoni-, teräs-, asfalttijäte, kyllästetty ja kyllästämätön puujäte, erilaiset maa-ainekset ja muut lietteet. (Tiehallinto: SILKO 1.112 Ympäristösuojelu, 14.)

Jätelaki 6 § antaa määräyksen jätehuollosta. Se on järjestettävä siten, että

- jäte on hyödynnettävä, jos se on teknisesti mahdollista ja jos siitä ei aiheudu kohtuuttomasti lisäkustannuksia verrattuna muulla tavoin järjestettyyn jätehuoltoon
- ensisijaisesti pyritään hyödyntämään jätteen sisältämä aine ja toissijaisesti sen sisältämä energia.

Tämä asetus sanoo että materiaalia olisi hyvä saada käytettyä uudestaan kuten tuennassa käytettävää kyllästämätöntä puuta. Esivalmistettujen tuentakalustojen käytöstä ei synny jätettä tuennan osalta. (Tiehallinto: SILKO 1.112 Ympäristösuojelu, 14.)



Kuva 10. Siltarakentamisessa käytetyn puun läjitysalue. (Janne Suntio)

Suunnittelussa asetetaan puulle lujuus- ja laatuvaatimukset, jotka täytyy ottaa huomioon rakentamisen aikana. ”Kuorman kesto ja puun kosteus vaikuttavat puun ja puurakenneosien lujuus- ja jäykkyysominaisuuksiin ja ne tulee ottaa huomioon, kun suunnittelukriteereinä ovat mekaaninen kestävyys ja käyttökelpoisuus. Puun kosteudenvaihtelun vaikutuksesta aiheutuvat rasitukset tulee ottaa myös huomioon”. (Puuinfo: Puurakenteiden suunnitteluohje, 10.).

Puusahatavara jaetaan lujuuslajittelu luokkiin yhteispohjoismaisen standardin INSTA 142 jaottelemiin lujuusluokkiin T0, T1, T2, T3. Standardi INSTA 142 on hyväksytty vastaamaan standardin EN 338 mukaista C-lujuusluokkaa, joka on lajiteltu vastaavasti C14, C18, C24, C30. (Puutavara. RT 21-10978, 8.) Yleisesti tuentatelineissa käytetään T2 ja T3 luokan puutavaraa, joka telinekäytössä voi olla leimaamatonta, kunhan se täyttää kyseisen luokan laatuvaatimukset. (Sillat: RIL 179, 255.)

Tuenta altistuu jatkuville ympäristöstä aiheutuville ilmanmuutoksille, joita ovat lämpötilan vaihtelu, sateet ja ilmankosteuden muutokset. Talvisin puu altistuu jäätymiselle ja sulamiselle, mikä rasittaa erityisesti tuennan liitoskohtia. Näin ollen tuleekin olla tiedossa millaista rasitusta mikäkin puu ja puuluokka kestävät. Tämän avuksi on tehty jaottelu Puurakenteiden käyttöluokka SFS-EN 335-1, jossa jakoluokka on 1–5. Ensimmäinen luokka on kuivissa olosuhteissa sisätila, katettu kosteustila. Viides luokka on jaottelu, jossa puutuote on pysyvästi altistettu suolaiselle vedelle. (Rakennustieto Oy: InfraRYL 2006 Osa 3, 43). Telineiden ja valumuottien kosteusluokkana oletetaan olevan 3, mutta jatkuvasti veden vaikutuksen alaisena olevaa puuta käytetään luokassa 4. (Tukitelineet ja muotit: RIL 147-2006, 12.)

Puusta rakennettu tuentateline on tehtävä yleensä paikalleen, kantavan pohjan päälle (kuva 11) ja siitä ei saa syntyä siirtymiä kuormituksen lisääntyessä. Samoin on meneteltävä tuennan osuudessa. Siinä ei saa syntyä leimapaineen ylittymistä, pystysuuntaisia nurjahtamisia tai vaakasuuntaisia taipumia. Jotta saavutettaisiin kokonaisvaltainen kestävyys, on kaikkien osa-alueiden oltava kuormien kestävyysden sallimissa rajoissa. Puurakentamisen helppoutena on puun työstettävyys ja sen saatavuus, sekä tietyissä tilanteissa keveys. Toisin kuin valmiissa

elementtituennoissa, joudutaan kaikki liitokset liittämään puskuliitoksin tai limityслиitoksin naulaamalla. Valmiiden elementtituentojen etuna ovat valmiit kiinnitysmekanismit, jotka puutuennoista puuttuvat.



Kuva 11. Puinen siltatuenta (Matti Lievonen)

Puutuenнан tekoon on tarjolla ammattitaitoista työvoimaa, joka on erikoistunut siltatuenнан rakentamiseen. Tästä huolimatta tuennan teko on aikaa vievää ja hidasta, koska joudutaan työskentelemään korkealla ja hankalissa työolosuhteissa. Tällöin yleensä henkilöstön tarve yhden tuennan tekoon on 4–5 henkilöä. Koska puut naulataan toisiinsa, on uudelleen käyttöönotto työllistävää ja lisäkustannuksia nostattavaa. Useasti vaaka ja vinotuet ( $50 \times 100 \text{ mm}^2$ ) laitetaan kierrätykseen, koska ei ole kannattavaa käydä puhdistamaan puutavaraa nauloista, henkilöstön kalleuden ja puutavaran vähäisen hinnan vuoksi. Materiaalin kalleuden vuoksi pystytuet ja niskakannattajat puhdistetaan puhtaiksi nauloista ja käytetään uudelleen seuraavassa rakennus kohteessa. (Sillat: RIL 179, 255.)

Tuentasuunnitelma tehdään yksilöllisesti sillantuennalle kuormituksen mukaan. Rakennekerrokset ja kuormituspaino vaihtelevat yksittäisen sillan sisällä. Tällöin tietyllä alueella voi olla suurempi pistekuorma, paksumman materiaalikerroksen vuoksi. Tämä voi aiheuttaa pystytuen nurjahtamista ja leimapaineen ylittymisen niskakannattajan ja pystytuen välillä. Tämä muodostuu yleensä niska ja pystytuen liitoskohdassa rajoittavaksi tekijäksi.

Pystytuet eli tyltät rakennetaan normaalisti 100 x 100–150 x 150 mm pitkistä sahatavarasta, joka on tapauksesta riippuen sormijatkettua tai päittäin puskuliitettyä ja jatkospuilla naulattu toisiinsa. Päittäin jatkamista tulee välttää rakenteellisen heikkouden takia, joten usein suositaan sormijatkettua sahatavaraa. (Sillat: RIL 179, 255). Sahatavaraa jatketaan sormijatkoksilla, kun siitä halutaan normaalia pidempää tai sahatavarakappaleelle halutaan tietyt ominaisuudet. Sormijatkoksia käyttämällä voidaan tuottaa esimerkiksi sahatavarakappaleita, jotka ovat kokonaan sydänpuuta, kokonaan oksattomia ja erittäin suoria. Tällä saavutetaan rakenteellinen katkeamattomuus ja lujuus. Enimmäispituus vaihtelee valmistaja kohtaisesti, mutta tavallisesti tämä on 12–14 m. (Puutavara. RT 21-10978, 7.)

## 6 TUTKITTAVAT SILTAKOhteet

Tässä opinnäytetyössä vertailtiin kahta eri siltatyyppeä ja niiden tuentaratkaisuja. Poikkileikkaukseltaan ja rakenteeltaan ne eroavat toisistaan. Sillat on rakennettu Joensuun kehätien (valtatie 6) parantamista varten välille Käpykangas–Repokallio, vuonna 2012. Silloista toinen S15, on jännitetty betoninen jatkuva ulokepalkkisilta (jBjup). Rakentamisen aikana tämä silta on ollut liikennöity, joka on otettu huomioon tuentasuunnittelussa. Mutta tässä opinnäytetyössä tuenta oletetaan yhtenäiseksi, jossa ei oteta liikennettä huomioon. Toinen silta S33, on teräsbetoninen laattakehäsilta (Blk)

Jännitetty betoninen jatkuva ulokepalkkisilta S15 sijaitsee Vt 6 ja kt74 risteyskohdassa Repokalliossa. Tällä sillalla korvattiin siellä sijaitseva jatkuva teräsbetoninen ulokkeellinen laattasilta. Uuden sillan kokonaispituus on 70,7 m ja ajoradan leveys on 16,25 m. Pisin jännemitta tukien välillä on 28 metriä. Silta perustettiin maa- ja välitukien osalta kalliokärjillä varustetuilla teräspuikipaaluilla kallion varaan. Siltalaatan tuenta tehtiin maavaraaisena. Sillan vaakageometria on kaareva pohjoiseen päin säteellä 1 400 m ja pystygeometria on koillinen – lounas suunnassa kupera säteellä 3 500 m. Liitteessä 1 on esitetty sillan tekniset tiedot ja leikkaukset.

Teräsbetoninen laattakehäsilta S33 sijaitsee Taimistonkujalla, noin 2 500 metriä pohjoiseen päin Repokallion sillasta S15. Kehäsilta on pystygeometrisuudeltaan pituussuunnassa laskeva pohjoiseen päin, kaltevuudella 0,02 ja poikittaisessa suunnassa länteen päin laskeva, kaltevuudeltaan 0,05. Sillan laatan jännemitta on 6 metriä ja ajoradan hyödyllinen leveys on 8 metriä. Lisäksi vapaan aukon korkeuden on oltava enemmän kuin 3 metriä. Silta on perustettu teräsbetonipaaluille 300 x 300, jotka varustetaan kalliokärjin. Liitteessä 2 on esitetty sillan tekniset tiedot ja leikkaukset.

## 6.1 Siltarakentamisen urakointi

Suomessa yleisesti siltarakentaminen toteutetaan kokonais- tai osaurakoina kokonaishintatarjoukseen perustuen, rakennuttajan hankkiman suunnitelman pohjalta. Tämä urakointimuoto soveltuu verrattain hyvin käytettäväksi pienissä ja keskisuurissa tavanomaisissa kohteissa. Näitä suuremmissa kohteissa voidaan käyttää KVR - menettelyä. Tällä menettelyllä annetaan urakoitsijan vaikuttaa enemmän lopullisiin suunnitelmiin, jotta voitaisiin löytää taloudellisin ratkaisu urakan suorittamiseen nopeasti sekä sujuvasti. Urakoitsijan laatimien suunnitelmien on täytettävä rakennuttajan asettamat rakenteelliset ja ulkonäölliset vaatimukset rakennettavalle sillalle. Tällöin rakennuttajan laatimien tarjouspyyntöasiakirjojen pohjalta voidaan käydä laskemaan tarjousta urakalle, kun tiedossa on selvät suunnitelmat. Tällöin joudutaan pyytämään ennakkotarjouksia yrityksiltä yksittäiseen työsuoritukseen tai osaurakoinnin toteuttamiseen. Tällainen osakohde siltarakentamisessa on kansilaatan tuennan rakentaminen, kannenvalumuotin rakentaminen ja näiden osuuksien purkaminen pois laatan alapuolelta. Tarjousta laskiessa voidaan käyttää nyrkkisääntönä aliurakoitsijalle kokemusperäisesti saatua hintaa muottineliötä kohti, joka on noin 45 €. Tähän hintaa sisältyy tuennan ja muotin rakentaminen yhteisesti. Purkuvaiheen osuus sovitaan erikseen, niin että suorittaako sen muotin rakentamisen tehnyt yritys vai kilpailutetaanko se vielä erikseen toiselle yritykselle. Nyrkkisääntönä käytetään purkamiselle noin 15 € neliöltä. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan tuennan osuutta ja sen hinnan muodostumista muottineliöstä. (Sillat: RIL 179, 82 - 84.)

## 6.2 PERI-tuentasuunnitelma

Tähän opinnäytetyöhön on suunniteltu eri tuentavaihtoehtoja PERI Suomen Ltd Oy:n toimesta. Suunnitelmien lähtökohdaksi otettiin kaksi erilaista siltatyyppiä, jännitetty palkkisilta ja laattakehäsilta. Suunnitelmissa palkkisillan (liite 1) kohdalla on tehty kolme erilaista vaihtoehtoa, niistä kahdessa on Rosett Flex -tuennalla suunniteltu kaksi erilaista toteutusta ja kolmas vaihtoehto on suunniteltu ST 100 -tuentakalustolla. Laattakehäsilan (liite 2) kohdalla on suunnitelmien lähtökohta ollut tuennan uudelleen käytettävyyks kustannustehokkaasti. Kehäsiltoja käytetään usein alikulkutunneleina kevyelle liikenteelle, jolloin tunneleissa voi pituus vaihdella alitettavan ajoradan perusteella. Tästä huolimatta rakenteelliset mitat pysyvät usein



saman suuruksina toisten alikulkutunneleiden kanssa. Tästä on tuennassa hyötyä, jos tieurakassa on useita saman kaltaisia kehäsilloja, tällöin tuenta on vähäisillä muutoksilla käytettävissä uudestaan. Laattakehäsillan suunnitelma on tehty silta- ja tunnelirakenteisiin soveltuvalla VARIOKIT-muottijärjestelmällä (liite 6).

Kaikissa palkkisillan suunnitelmissa on esitetty käytettäväksi GT 24 -palkkia tuennan niskan kannattajaksi ja niskan päälle tulevaksi koolauspalkiksi. Sekä laattakehäsillan muottipalkkina on esitetty käytettäväksi GT 24 -palkki, mutta tämä palkki on mahdollista korvata lujuusluokitellulla puutavaralla. Tällöin on selvittävä erikseen lujuuslaskelmat kyseisille, tuennassa ja muotissa käytettävälle puutavaralle kuormituksien varmistamiseksi. Suunnitelmien tarjouslaskelmissa tämä onkin otettu huomioon, jossa GT 24 -palkit on laskettu erikseen optiona tuentakalustoon lisäkustannuksena. Kaikki tarjouslaskelmat on esitetty liitteessä 7.

Lisäksi PERI:n tuentasuunnitelmissa on esitetty käytettäväksi 21 mm vaneria. Todellisuudessa sitä ei voisi käyttää, vaan rakennussuunnitelmaselostus sanoo seuraavaa sillan betonirakenteen pinnasta ” Päälysrakenteen muottina on käytettävä hienosahattua raakaponttilautaa (sahapinta betoniin päin) Reunapalkin laudoitus asennetaan reunapalkin suuntaisesti. Reunapalkin pystypinnoissa käytetään muottikangasta. ” Tämä täytyy ottaa huomioon suunnitelmia tarkastellessa ja rakennus selostus koskee ainoastaan S15 siltakohdetta. Pintavaatimus voi vaihdella eri siltakohteissa.

#### 6.2.1 Rosett flex, Multiflex UZ. Laattapalkkisilta, Vaihtoehto 1

Tuentavaihtoehto 1 on esitetty liitteessä 3. Tässä suunnitelmassa tuenta on Rosett Flex -järjestelmä, joka on telinejärjestelmästä sovellettu tuentatorniksi.

Suunnitelmassa kaikki tuentatornit ovat leveitä, molempiin suuntiin 1,5 x 1,5 metriä. Sillan poikittaisessa suunnassa reunaulokkeiden ja palkkien välillä tornin korkeus on noin 6,5 metriä. Kaikkien kolmen sillanpalkin alla tornin korkeus on noin 5,5 metriä. Pituussuuntaisesti tornit ovat tiheämmin palkkien alla suuremman kuormituksen vuoksi, kuin niiden välissä ja ulokereunoilla. Tornit sidotaan toisiinsa pituussuunnassa vaakasiteillä koko sillan pituudella yhtenäiseksi letkaksi ja poikittaisessa suunnassa, noin joka toisesta tornista pituussuunnassa edeten. Liitteen 3 tasokuvassa on esitetty tuennan järjestäminen maahan ja tukitornien

määrä 148 kappaletta. Tuenta mukautuu sillan poikittaiseen muotoon mahdollisimman lähelle, pystytukeen yhteen sovitettavalla säätöjalalla ja niskan korkeuden säädettävällä haarukkapäällä. Näiden molemmissa päissä on noin puolen metrin korkeussuuntainen säätömahdollisuus. Kannen lopullinen muoto tarkennetaan kohdilleen ulokereunoilla ja palkkien välillä. Palkkien pystysuuntainen muoto saadaan käyttämällä UZ-palkkitukia, kuten liitteen 3 detaljipiirustus näyttää. UZ-palkkituki kiinnittyy sillankannen palkin koolauksen alareunaan yhtenäisesti poikittaisessa suunnassa ja pystysuuntainen muoto täytyy rakentaa puusta suunnitelmien mukaan, jonka pystytuen yläreuna täytyy tukea alumiinisidepulteilla vastakkaisilta puolilta. Turvallinen työskentely on otettu huomioon tuennassa kannen muodon rakentamisen aikana siten, että sillan koko pituudesta kolmas osaan on saatavilla Industrial UDI-työskentelytasot. Työskentelytasoja siirrettäisiin sitä mukaa eteenpäin, kun saadaan valmiiksi suunnitelmien mukainen kannen muoto työtasojen päällä. Tällä varmistetaan turvallinen työskentely ja varmistetaan onnettomuuksien ennaltaehkäisemistä. Lisäksi suunnitelmassa on esitetty nousutiet, GT 24 -palkit ja putoamisen estävät kaidetolpat, joita ei ole huomioon otettu varsinaiseen tuentasuunnitelman kustannuksissa, vaan nämä ovat lisäosia, jotka on laskettu optiona liitteessä 7, sivulla 3.

#### 6.2.2 Rosett flex, Multiflex. Laattapalkkisilta, Vaihtoehto 2

Tuentavaihtoehto 2 on esitetty liitteessä 4. Tämä vaihtoehto on samaa tuentajärjestelmää Rosett Flex, kuin ensimmäinen vaihtoehto. Tässä vaihtoehdossa tuentatorni on samankokoinen leveyssuunnassa ja niiden sijoittuminen sillan kannen alla pysyy sama kuten vaihtoehdossa 1. Ainoastaan reunaulokkeiden ja palkkien välin tuennan korkeus muuttuu. Tällöin tuenta on koko sillan alueella tasakorkuinen, noin 5,5 metriä. Siinä tuenta sijoittuu lähelle sillankannen palkin alareunaan, jossa niskan kannattimien päälle tuleva koolaus on yhtenäinen koko sillan poikki. Tämän päälle joudutaan rakentamaan puutavarasta sillan palkkien ja laatan muoto suunnitelmien mukaan, joista on täytynyt laskea lujuuslaskelmat kuormituksien kestävyysvarmistamiseksi. Tässä vaihtoehdossa GT 24 -palkit ja putoamisen estävät kaidetolpat on laskettu erillisenä optiona kustannuksiin, ne ovat lisäosia. Kustannukset ovat laskettuna liitteessä 7, sivulla 4.



### 6.2.3 ST 100 -tuenta. Laattapalkkisilta, Vaihtoehto 3

Tuentavaihtoehto 3 on esitetty liitteessä 5. Tässä tuentasuunnitelmassa on esitetty käytettäväksi ST 100 -tuentakalustoa. Tämän kaluston hyötynä on suurempi kuormituskestävyys. Tuennan voi asentaa sillan suuntaisesti suuremmalla välijaolla ja pienemmällä tornimäärällä verrattuna Rosett Flexiin. Tukitorneja tulee vaihtoehtoon kolme yhteensä 128 kappaletta, 20 kappaletta vähemmän kuin vaihtoehtoissa 1 ja 2. ST 100 -tukitorni on 1 m leveä molempiin suuntiin ja korkeutta torneilla on 5,5 m. Tornien molemmissa päissä on puolen metrin säätömahdollisuus, alapäässä pystytolppaan sopiva säätöjalka ja yläpäässä tukihaarukka. Yläpää sidotaan ainoastaan niskakannattimilla ja koolauspalkeilla keskenään kiinni. Tukitornit ovat koko alueella sillan laatan palkin tasossa. Tämän päälle asennettavien niskan ja koolauksen päälle, joudutaan rakentamaan suunnitelmien mukainen sillan kannen laatta ja palkit puutavarasta. Tällöin on oltava tiedossa lujuuslaskelmat kuormitusten aiheuttamasta rasituksesta. Tässä vaihtoehdossa GT 24 -palkit ja putoamisen estävät kaidetolpat on laskettu erillisenä optiona kustannuksiin, ne ovat lisäosia. Kustannukset ovat laskettuna liitteessä 7, sivulla 5.

### 6.2.4 VARIOKIT-laattakehäsilta

Laattakehäsilan tuentasuunnitelma on esitetty liitteessä 6. Tässä suunnitelmassa on käytetty VARIOKIT-järjestelmää, jota käytetään tavallisesti hissikuilujen rakentamisessa. Hissikuilutekniikkaa on sovellettu siten, että siinä alikulkutunnelin sisäpuolelle seinää ja kattoja vasten tulee L-muotoon vastakkaisille puolille peilikuvat muotista. Alikulkutunneli on laskeva toiseen suuntaan kaltevuudella 0,05, joka on otettu huomioon suunnittelussa. Tunnelin korkeampaan päähän on suunniteltu käytettäväksi laskukiilaa, joka asteittain nousee matalammasta aukosta ylöspäin. Kaikki sisäpuolen muotit on suunniteltu HEB-teräsprofiilin päälle. Tämä teräspalkki mahdollistaa kiilaa käyttämällä, VARIOKIT-muottien kokonaisuuden tasaisen nousemisen ja laskemisen. Lisäksi PERI:n SRU-teräspalkkia käyttämällä sidotaan sisäpuolen muotin GT 24 koolattavat palkit ja valupintaa vasten käytettävä materiaali toisiinsa. Suunnitelmien mukaisen muotinpinnan korkeuden saavuttaminen suoritetaan SLS-vinotukia kierryttämällä, koska tuen molemmissa päissä on vastakkaisen suuntaiset kierteet tämän aikaan saamiseksi. Seinien

ulkopuolisessa pinnassa on valupintaa vasten valittu materiaali, joka on kiinnitetty GT 24 -palkkeihin. Nämä palkit ovat tuettu ristikoolatuilla toisilla GT 24 -palkeilla ja uloimpana SRU-teräspalkeilla. Sisäpuolen ja ulkopuolen muotit kokonaisuudet sidotaan toisiinsa sidepulteilla seinän läpi. Sisäpuoleinen muotti koostuu kahdesta osasta, jonka holvinpintaa vasten olevissa muoteissa on noin 0,3 metriä leveä avoin liikuntasauma. Tämä aukko peitetään valun aikana täyttölevyllä ja muotteja purkaessa, saadaan tällä tilaa muottipinnan ja valetun seinän väliin. Samoin alaslaskussa syntyy tilaa yläpuoleisen muotin ja valetun katon väliin. Ennen kiilojen poistoa kokonaan, on niiden tilalle asennettu siirtorullat HEB-teräsprofiilin ja Larsen-pontin väliin, tällä helpotetaan muottien pois vetämistä valetusta tunnelista.

### 6.3 Kustannukset puurakentamisena

Tässä opinnäytetyössä on käytetty alkuperäisiä tuentasuunnitelmia, joita käytettiin valtatie 6 kehätien parantamishankkeessa, silloilla S15 ja S33. Näiden siltatuentasuunnitelmien mukaan on kustannuslaskelmat tehty puisesta tuennasta. Suunnitelmat sain käyttööni Kesälahden Maansiirto Oy:ltä, näiden suunnitelmien pohjalta laskin kappalemäärät ja materiaalin menekin. Kustannustarkastelu on rajattu tuennassa aluspuusta niskan kannattajaan. Tähän tarkasteluun sisältyy aluspuu, pystytolppa, niskankannattaja, vaakasiteet ja vinotuet. Taulukossa 2 on eritelty jokainen materiaali erikseen ja materiaalien ostohinnat (eivät sisällä alv). Tämän kustannuslaskennan pohjana käytettyjä materiaaleja ei tässä opinnäytetyössä voi julkaista materiaalin haltijan toivomuksesta.

Taulukko 2. Laattabetonisilta S15 Kustannukset. (Kesälahden Maansiirto Oy).

Materiaali	Määrä Kpl	Pituus m	Kokonaispituus m	Kokonaishinta €
Aluspuu 150 x 200 mm	58	17,0	989	5340
Pystytuki 100 x 100 mm	928	5,5	5104	9595
Niskankannatin 125 x 125 mm	6	61	366	872
Niskankannatin 100 x 100 mm	10	61	610	1147
Vaakaside 32 x 100 mm	174	17,0	2968	1425
	48	61	2928	1406
Vinoside 32 x 100 mm	270	7,5	2025	972

**Yhteensä: 20 757 €**

Taulukko 3. Laattakehäsilta S33 Kustannukset. (Kesälahden Maansiirto Oy).

Materiaali	Määrä Kpl	Pituus m	Kokonaispituus m	Kokonaishinta €
Aluspuu 150 x 200 mm	5	17,0	60,5	327
Pystytuki 100 x 100 mm	45	3,3	157,5	296
Niskankannatin 125 x 125 mm	5	12,1	60,5	144
Vaakaside 32 x 100 mm	5	12,1	60,5	29
	18	6	108	52
Vinoside 32 x 100 mm	10	5,2	52	25
	9	6,2	56	27

**Yhteensä: 900**

## 6.4 Puisen siltatuennan rakentaminen

Sillan tuennan puinen rakentaminen, joka rajataan tässä opinnäytetyössä aluspuusta niskankannattajaan, veisi noin 3 viikkoa. Silloin tuentaa täytyisi olla tekemässä neljä ammattitaitoista työntekijää. Tämä työntekijäryhmä pystyisi näin ollen rakentamaan 50–100 pystytukea päivässä. Tähän sisältyy myös kahden tasokerroksen ja vinositeiden asentaminen paikalleen ja tämä tapahtuu naulaamalla puut toisiinsa kiinni. Tuentasuunnitelmissa on esitetty, kuinka puut asennetaan ja kuinka monella naulalla tämä asennus suoritetaan. Jotta sillan kannen oikea tasokorkeus saavutetaan, on pystytolpat jätettävä ylipitkiksi maaston epätasaisuuden vuoksi, jolloin katkaisukorkeus voidaan helposti merkitä ja saada oikeaan korkoon. Kaikki muut työsuoritukset paitsi niskankannattajan puiden nostaminen paikalleen, voidaan tehdä ilman nostoapuvälineitä. Niskankannattajan kuljetusnipun nostamisessa tarvitaan autonosturia työn sujuvuuden vuoksi. Sillan S15 tuennan kustannuksia arvioidessa käytetään 40 €/tunti, tällöin yhden työntekijän päiväkustannus on  $8 \text{ h} \times 40 \text{ €/h} = 320 \text{ €/päivä}$ . Neljällä työntekijällä  $4 \text{ kpl} \times 320 \text{ €/päivä}$  tekee 1 280 € päivässä. Kolmessa viikossa on 15 arkipäivää, joten  $1\,280 \text{ €/päivä} \times 15 \text{ vuorokautta} = 19\,200 \text{ €}$ . (Kesälahden Maansiirto Oy).

## 6.5 Kustannukset PERI-kalustolla

Tuentavaihtoehtojen kustannusten vertailussa on käytetty PERI Suomi Ltd Oy:n tekemiä tarjouslaskelmia. Kustannukset ovat määräytyneet tuentajärjestelmän valinnan mukaan ja siltalaatan alapuolisen kuutiotilavuuden perusteella. Tässä opinnäytetyössä on käytetty kahta eri tilavuutta. Tuentavaihtoehdossa 1 on käytetty tilavuutena  $6\,300 \text{ m}^3$  ja tuentavaihtoehdoissa 2 sekä 3 on käytetty  $5\,900 \text{ m}^3$ . Sillan kannen alapuolella maanpinta on oletettu kauttaaltaan tasaiseksi kuutioita laskiessa. Todellisuudessa maanpinta ei ikinä ole täysin tasainen, mutta tässä opinnäytetyössä sillan tuennan maanpinta oletetaan tasaiseksi. Tarjouksessa on esitetty kuutioiden mukaan määräytyvän kaluston määrä ja siitä määräytyvän kaluston kokonaispaino. Tarjouksessa on jokaisesta tuentavaihtoehdosta oma kalustoluettelo, jotka on eritelty omaan luetteloon, lisäoptiona tuennasta ulkopuolelle kuuluviin osiin. Kustannukset on annettu indeksin antaman vuorokausivuokran mukaan. Kustannukset kertyvät kalenterikuukauden päivien mukaisesti.

## 6.5.1 Kustannukset PERI-vuokrakalustolla

Vuokraushinta on annettu päivän indeksin mukaan. Taulukkoon 2 on laitettu esille kaikkien vuokrakalustojen kokonaishinta. Tämän lisäksi on esitetty tuennasta ulkopuolella olevien lisäosien hinta.

Taulukko 4. Vuokrakaluston vertailu PERI-kalustolla. (liite 7, PERI Suomi Ltd Oy).

Kalusto tyyppi:	Vuorokausi hinta:	Lisäoption vuorokausi hinta	Kuutio tilavuus	Kokonaispaino
Rosett Flex UZ Vaihtoehto 1	327,65 €	106,08€	6300 m <sup>3</sup>	75 822 kg
Rosett Flex Vaihtoehto 2	252,87 €	87,59 €	5900 m <sup>3</sup>	62 673 kg
ST 100 Vaihtoehto 3	234,89 €	90,28 €	5900 m <sup>3</sup>	32 553 kg
VARIOKIT- muotisto	61,60 €	14,30 €		10 144 kg

Lisäksi on tarjouksessa annettu tuennan kasaus ja purku, joka lukee liitteen 7 tarjouksessa. Tarjouksessa mainitaan seuraavanlaisesti ” Urakkarajana on tuennan asentaminen tilaajan tekemien perustusten päältä määrättyyn tukihaarukkatason, niska- ja koolauspalkkien asennus ei kuulu urakkahintaan ”. Tuennan kasauksen ja purkamisen hinta määräytyy kalusto tyyppin mukaan, joka kerrotaan kuutiometri määrällä.

Taulukko 5. PERI tuennan kasaamisen ja purkamisen urakkahinta. (Liite 7, PERI Suomi Ltd Oy).

Vaihtoehto:	Hinta kuutiolta:	Määrä:	Urakka hinta:
1	5 €	6300 m <sup>3</sup>	31 300 €
2	5 €	5900 m <sup>3</sup>	29 500 €
3	6 €	5900 m <sup>3</sup>	35 400 €

### 6.5.2 Hankintahinta käytetyllä kalustolla

Käytetyn kaluston hinta on noin 50 % uuden kaluston myyntihinnasta. Taulukossa 6 on eritelty tuentakalusto ja lisäoptioina myytävät tuotteet. Hankintahinta tuennan osalta on rajattu alatuen päältä, niskakannattajan haarukkaan. Lisäoptioon kuuluvat mm. GT 24 -palkit eripituisina vaihtoehtoina ja vaihtoehdossa 1 on lisäksi nousuteline, siihen kuuluvine osineen. Tuotteet ovat listattu liitteessä 7, jossa tuotteelle on annettu yksikköhinta ja kappalemäärä.

Taulukko 6. Käytetyn kaluston hankintahinnan vertailua erikalustoilla. (Liite 7, PERI Suomi Ltd Oy).

Kalusto tyyppi:	Hankintahinta:	Lisäoption hankintahinta	Yhteensä
Rosett Flex UZ Vaihtoehto 1	232 000 €	72 300 €	304 300 €
Rosett Flex Vaihtoehto 2	178 000 €	59 000 €	237 000 €
ST 100 Vaihtoehto 3	173 000 €	61 500 €	234 500 €
VARIOKIT-muotti	40 000 €	9 800 €	49 800 €

Vaikkakin myytävä tuote on käytetty, on sen takaisinmaksuaika pienempi kuin uuden. Kaluston käyttöikä voi olla useita vuosikymmeniä oikein käytettynä, mutta vauriotuessaan, on se mahdollista vaihtaa tai korjauttaa.

### 6.5.3 Uuden kaluston hankintahinta

Uuden kaluston hankinta on 60 % kaluston myyntihinnasta. Taulukossa 7 on eritelty kalustotyypeittäin tuentakaluston ja lisäoptiona myytävät tuotteet.

Taulukko 7. Uuden kaluston hankintahinnan vertailua erikalustoilla. (Liite 7, PERI Suomi Ltd Oy).

Kalusto tyyppi:	Hankintahinta:	Lisäoption hankintahinta	Yhteensä
Rosett Flex UZ Vaihtoehto 1	327 600 €	86 800 €	413 800 €
Rosett Flex Vaihtoehto 2	252 900 €	71 700 €	324 600 €
ST 100 Vaihtoehto 3	234 900 €	73 900 €	307 900 €
VARIOKIT-muotti	47 700 €	11 700 €	59400 €

## 7 KUSTANNUSTEN TEOREETTINEN VERTAILU

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on saada selville puisen tuennan ja esivalmistetun PERI-tuentakaluston kustannuksia rakentamisen aikana sekä selvittää esivalmistetun PERI-kaluston hankintahinta käytetylle ja uudelle tuotteelle.

### 7.1 Puisen tuennan ja PERI-kaluston kustannusvertailua

Kustannusvertailussa on tarkasteltu käytetyn PERI-kaluston hankintahintaa, sekä siihen tarjottavaa kasa- ja purku-urakkaa. Puisessa tuennassa työn osuudessa on ainoastaan kasauksen hinta, koska puisen tuennan purkaminen tapahtuu yleensä kaivinkoneella. Päivän vuokrahintaa laskettaessa käytetään kalenterikuukauden jokaista päivää, jolloin joudutaan kalenterikuukausien päivien vaihtelun vuoksi käyttämään tässä opinnäytetyössä 30 päivän keskiarvoa. Vuokraushinnat on esitetty taulukossa 8. Tuentavaihtoehtoissa VARIOKIT ja puisen tuennan S33 lopullista yhteiskustannusta ei saatu selville materiaalin hankintahinnan ja kasauksen osalta, mutta vertailun vuoksi niiden hankintahinta on laitettu taulukkoon 8.

Taulukko 8. Hintataulukko PERI-kalustosta ja puisesta tuennasta. (Liite 7, PERI Suomi Ltd Oy ja Kesälahden Maansiirto Oy).

Tuenta vaihtoehto:	Käytetty kalusto:	Tuennan kasauksen kustannus:	<b>Yhteensä:</b>
Vaihtoehto 1	232 000 €	31 300 €	<b>263 000 €</b>
Vaihtoehto 2	178 000 €	29 500 €	<b>207 500 €</b>
Vaihtoehto 3	173 000 €	35 400 €	<b>208 400 €</b>
VARIOKIT	40 000 €		
Puuteunta S15	20 757 €	19 200 €	<b>39 957 €</b>
Puutuenta S33	900 €		

PERI:n tarjoamien tuotteiden kertainvestointi on suuri ja sen kasaamiseen tarvitaan myös aikaa sekä työntekijöitä. Tämän seurauksena puisen tuennan käyttö on



perustellumpaa yksittäisissä kohteissa erityisesti materiaalien ja kasauksen osalta, kuten taulukossa 8 on esitetty.

Vertailussa on käytetty PERI:n vuokrattavan kaluston kuukausivuokraa ja puun materiaalin hankintaa. Tässä tarkastelussa vuokrattavan kaluston kannattavuus alkaa laskea 2 - 3 kuukauden jälkeen, joten on harkinnanvaraista ottaa vuokrakalustoa pidemmäksi aikaa. Lisäksi tulee ottaa huomioon kasauksesta ja purkamisesta koituvat kustannukset. Kuukausivaihtoehtojen vertailu on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 9. PERI-kalustovaihtoehtojen vuokraushintoja. (Liite 7, PERI Suomi Ltd Oy).

Tuenta vaihtoehto:	Vuokran päivä hinta:	Vuokran hinta kuukaudessa:
Vaihtoehto 1	327,65 €	<b>9829,5 €</b>
Vaihtoehto 2	252,87 €	<b>7586,1 €</b>
Vaihtoehto 3	234,89 €	<b>7046,7 €</b>
VARIOKIT	61,60 €	<b>1848 €</b>

Taulukko 10. Vuokraushinnat eri vuokrattavilla kuukausimäärillä. (Liite 7, PERI Suomi Ltd Oy).

Tuenta vaihtoehto:	Vuokran hinta kuukaudessa:	Kaksi kuukautta:	Kolme kuukautta:	Neljä kuukautta:
Vaihtoehto 1	9829,5 €	19 659 €	29 488,5 €	39 318 €
Vaihtoehto 2	7586,1 €	15 172,2 €	22 758,3 €	30 344,4 €
Vaihtoehto 3	7046,7 €	14 093,4 €	21 140,1 €	28 186,8 €
VARIOKIT	1848 €	3696 €	5544 €	7392 €

## 7.2 PERI-järjestelmän takaisinmaksuaika

Pidemmän aikajakson hankintahinnan tarkastelussa on käytetty puisen tuennan S15 materiaalikustannuksia. Kasaukseen ja purkamiseen ei tehdä tarkastelua näissä laskennoissa. PERI:n tuennan vertailua on esitetty taulukossa 11. Seuraavaksi tarkastelussa on käytetyn PERI-kaluston ja puisen tuennan kustannuksien vertailua, jossa selvitetään milloin PERI:n käytetyn kaluston kustannukset kohtaavat puisen tuennan kustannukset. Laskennoissa on esitetty kuinka monta, samaa koko luokkaa kuin sillat S15 ja S33, tulisi rakentaa PERI:n kalustolla ennen kuin se alkaisi kannattaa puutuentaan verrattuna. Laskennoissa on käytetty S15 ja S33 siltojen materiaalikustannuksia. Vaihtoehtoissa 1–3 on käytetty siltaa S15 ja VARIOKIT-järjestelmässä siltaa S33.

Taulukko 11. PERI-kaluston vertailua puurakentamiseen. (Liite 7, PERI Suomi Ltd Oy ja Kesälahden Maansiirto Oy).

Tuenta vaihtoehto:	Käytetyn kaluston hankintahinta:	Rakennettava silta määrä
Vaihtoehto 1	232 000 €	11 Siltaa
Vaihtoehto 2	178 000 €	9 Siltaa
Vaihtoehto 3	173 000 €	8 Siltaa
VARIOKIT	40 000 €	44 Siltaa

## 8 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella, miten sillantuennan vaihtoehtoista PERI-kaluston ja puutuennan kustannukset eroavat toisistaan. Erityisessä tarkastelussa olivat jo rakennetut sillat S15 ja S33, jotka sijaitsevat Joensuun Valtatie 6 varrella Repokalliossa. Sillat on aikoinaan rakennettu perinteistä puista tuentaa käyttämällä. Tarkoituksena oli selvittää millaisiksi kustannukset olisivat muodostuneet jos kohteissa olisi käytetty PERI:n tuottamaa tuentakalustoa. Laskelmissa esitettiin, missä vaiheessa puusta rakennetun tuennan materiaalikustannukset kohtaavat PERI:n tuentakaluston kustannukset. Lisäksi laskelmissa on tuotu esille PERI:n vuokratkaluston kustannukset kuukausitasolla. Huomioitavaa on, että tuentakalustojen vuokrausajat vaihtelevat työmaakohteittain.

Tässä esitettyjen laskelmien pohjalta voisi päätellä, että PERI:n tuentakaluston käyttäminen olisi erityisen kannattavaa yrityksille, jotka rakentavat useita siltakohteita vuositasolla. Yksittäisissä kohteissa vuokratkaluston kustannukset nousevat suuremmiksi, kuin puisella tuennalla rakennettuna. Nykyisen kansantaloudellisen tilanteen huomioon ottaen, yritysten tulisi pitää mielensä avoinna vertailtaessa valmiiden tuentakalustojen käyttöä ja puista tuentaa. Pitkällä tähtäimellä esivalmistettutuentakalusto on sekä ekologisesti, että taloudellisesti järkevämpää yrityksille, jotka ovat aktiivisia siltarakentajia.

Tällä hetkellä yritykset, jotka käyttävät siltakohteissaan puista tuentakalustoa, joutuvat hankkimaan paljon ammattitaitoista työvoimaa tuentojen rakentamiseen. PERI kaluston helpomman ja nopeamman kasauksen vuoksi tällaisissa henkilöstökustannuksissa pystyttäisiin tekemään merkittäviäkin säästöjä.

On kuitenkin otettava huomioon, että suomalaisessa siltarakentamisessa puumateriaalin käyttö on vakiinnuttanut vahvan johtavan aseman siltatuntojen tekemisessä. Nykyisten taloudellisten ja ympäristönäkökulmien vahvistuessa tulisikin huomioida entistä enemmän vaihtoehtoisia menetelmiä myös siltatuntojen käytöissä.

## LÄHTEET

GT 24 -PALKKI: PERI SUOMI LTD OY. [viitattu 2015-03-14]. Saatavissa:

[http://www.perisuomi.fi/tuotteet.cfm/fuseaction/diashow/product\\_ID/65/currentimage/1/productcategory\\_ID/11/app\\_id/1.cfm](http://www.perisuomi.fi/tuotteet.cfm/fuseaction/diashow/product_ID/65/currentimage/1/productcategory_ID/11/app_id/1.cfm)

INTERA PARTNERS; YRITTÄJÄT. Yritysesittely [verkkomateriaali]. [viitattu 2015-02-10].

Saatavissa:

<http://www.interapartners.fi/fi/uutiset/intera-sijoittaa-kesälahden-maansiirtoon;>

[http://www.yrittajat.fi/kesälahden\\_maansiirto\\_oy](http://www.yrittajat.fi/kesälahden_maansiirto_oy)

MATTI LIEVONEN. Suojakaiteet ja kulkutiet siltarakentamisessa [8]. Tekijän valokuva-albumi.

MATTI LIEVONEN. Puinen siltatuenta [9]. Tekijän valokuva-albumi.

MATTI LIEVONEN. Puinen siltatuenta [11]. Tekijän valokuva-albumi.

JANNE SUNTIO. Väliaikainen puinen tuenta tienylityksen kohdalla [6]. Tekijän valokuva-albumi.

JANNE SUNTIO. Siltarakentamisessa käytetyn puun läjitysalue [10]. Tekijän valokuva-albumi.

PERI SUOMI LTD OY. Yritysesittely. [verkkomateriaali]. [viitattu 2015-02-16]. Saatavissa:

<http://www.perisuomi.fi/yritys.cfm>

PERI UP ROSETT: PERI SUOMI LTD OY. [viitattu 2015-03-20]. Saatavissa:

[http://www.perisuomi.fi/tuotteet.cfm/fuseaction/diashow/product\\_ID/41/currentimage/13/productcategory\\_ID/11/app\\_id/13.cfm](http://www.perisuomi.fi/tuotteet.cfm/fuseaction/diashow/product_ID/41/currentimage/13/productcategory_ID/11/app_id/13.cfm)

PERI UP ROSETT FLEX, ESITE: PERI SUOMI LTD OY. [viitattu 2015-03-11]. Saatavissa:

[http://www.perisuomi.fi/files/pdf2/PERI\\_UP\\_Rosett\\_Flex1.pdf](http://www.perisuomi.fi/files/pdf2/PERI_UP_Rosett_Flex1.pdf)

PAALUTUSOHJE, PO-2011: RIL 254-1-2011. Helsinki:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

PUUINFO: PUURAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE. Lyhennetty suunnitteluohje RIL 202-1-2009 B. 3. Painos. [viitattu 2015-02-10] Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Saatavissa:

<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/eurokoodi-5-lyhennetty-ohje-puurakenteiden-suunnittelu/eurokoodi-5-lyhennetty-ohje-puurakenteiden-suunnittelu/eurokoodi5lyhennettysuunnitteluohjewwwkolmaspainos10913rilinkorjauksin.pdf>

PUUTAVARA. RT 21-10978. Helsinki: Rakennustieto Oy. Joulukuu 2009. [viitattu 2015-02-10].

Saatavissa: <http://www.uswood.fi/PDF/RT%20kortti%202010.pdf>

RAKENNUSTIETO OY: INFRARYL 2006 OSA 3. Sillat ja rakennustekniset osat. Hämeenlinna: Rakennustietosäätiö 2008.

RAKENNUSTYÖN TURVALLISUUSLAKI 205/2009, 6 § [verkkoaineisto]. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidp3691280>

RAKENNUSTYÖN TURVALLISUUSLAKI 205/2009, 7 § [verkkoaineisto]. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidp3691280>

RAKENNUSTYÖN TURVALLISUUSLAKI 205/2009, 8 § [verkkoaineisto]. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidp3691280>

RAKENNUSTYÖN TURVALLISUUSLAKI 205/2009, 14 § [verkkoaineisto]. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidp3691280>

RAKENNUSTYÖN TURVALLISUUSLAKI 205/2009, 15 § [verkkoaineisto]. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidp3691280>

RAKENNUSTYÖN TURVALLISUUSLAKI 205/2009, 27 § [verkkoaineisto]. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidp3691280>

RAKENNUSTYÖN TURVALLISUUSLAKI 205/2009, 28 § [verkkoaineisto]. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidp3691280>

RAKENNUSTYÖN TURVALLISUUSLAKI 205/2009, 31 § [verkkoaineisto]. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidp3691280>

RAKENNUSTYÖN TURVALLISUUSLAKI 205/2009, 51 § [verkkoaineisto]. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidp3691280>

TIEHALLINTO: SILTOJEN TUKITELINEET – 2007. Siltojen suunnittelu- ja toteutusvaiheen ohjaus. Helsinki: Liikennevirasto 2008. [viitattu 2015-01-11] Saatavissa:

<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/tukitelineet-2007.pdf>

TIEHALLINTO: SILKO 1.112 YMPÄRISTÖSUOJELU. Siltojen korjausohjeet. Helsinki: Liikennevirasto 2011. [viitattu 2015-01-18] Saatavissa:

<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio1/s1112.pdf>

TUKITELINEET JA MUOTIT: RIL 147-2006. Helsinki:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

TYÖTELINEET JA PUTOAMISEN ESTÄVÄT SUOJARAKENTEET: RIL 142-2010. Helsinki:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

SILLAT: RIL 179. 1989. Helsinki:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

ST 100 -TUKITORNI: PERI SUOMI LTD OY. [viitattu 2015-03-19]. Saatavissa:

[http://www.perisuomi.fi/tuotteet.cfm/fuseaction/showproduct/product\\_ID/14/app\\_id/5.cfm](http://www.perisuomi.fi/tuotteet.cfm/fuseaction/showproduct/product_ID/14/app_id/5.cfm)

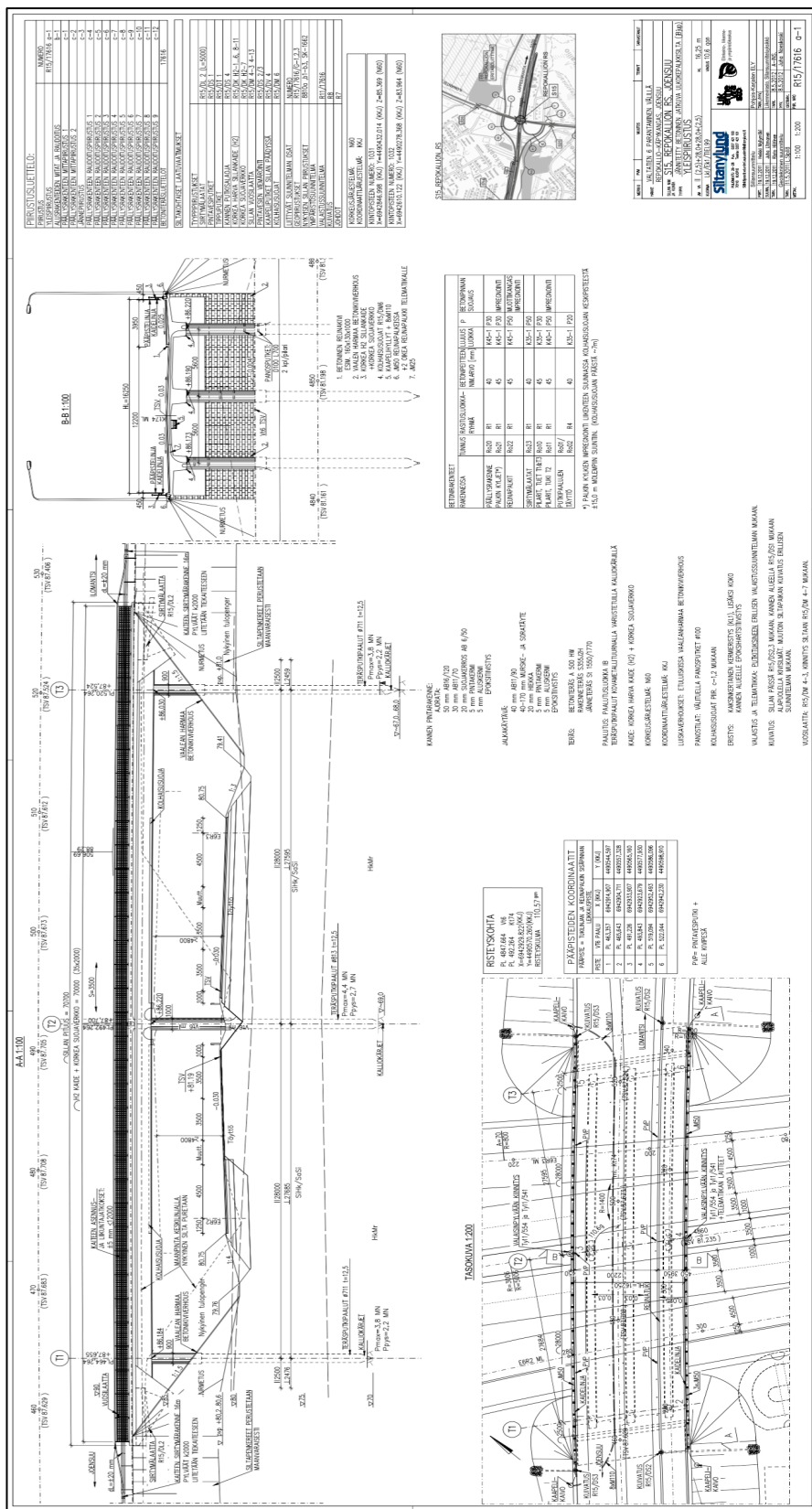
VARIO GT 24, ESITE: PERI SUOMI LTD OY. [viitattu 2015-03-11]. Saatavissa:

[http://www.perisuomi.fi/files/pdf2/VARIO\\_Vakiopalkkimuotti.pdf](http://www.perisuomi.fi/files/pdf2/VARIO_Vakiopalkkimuotti.pdf)

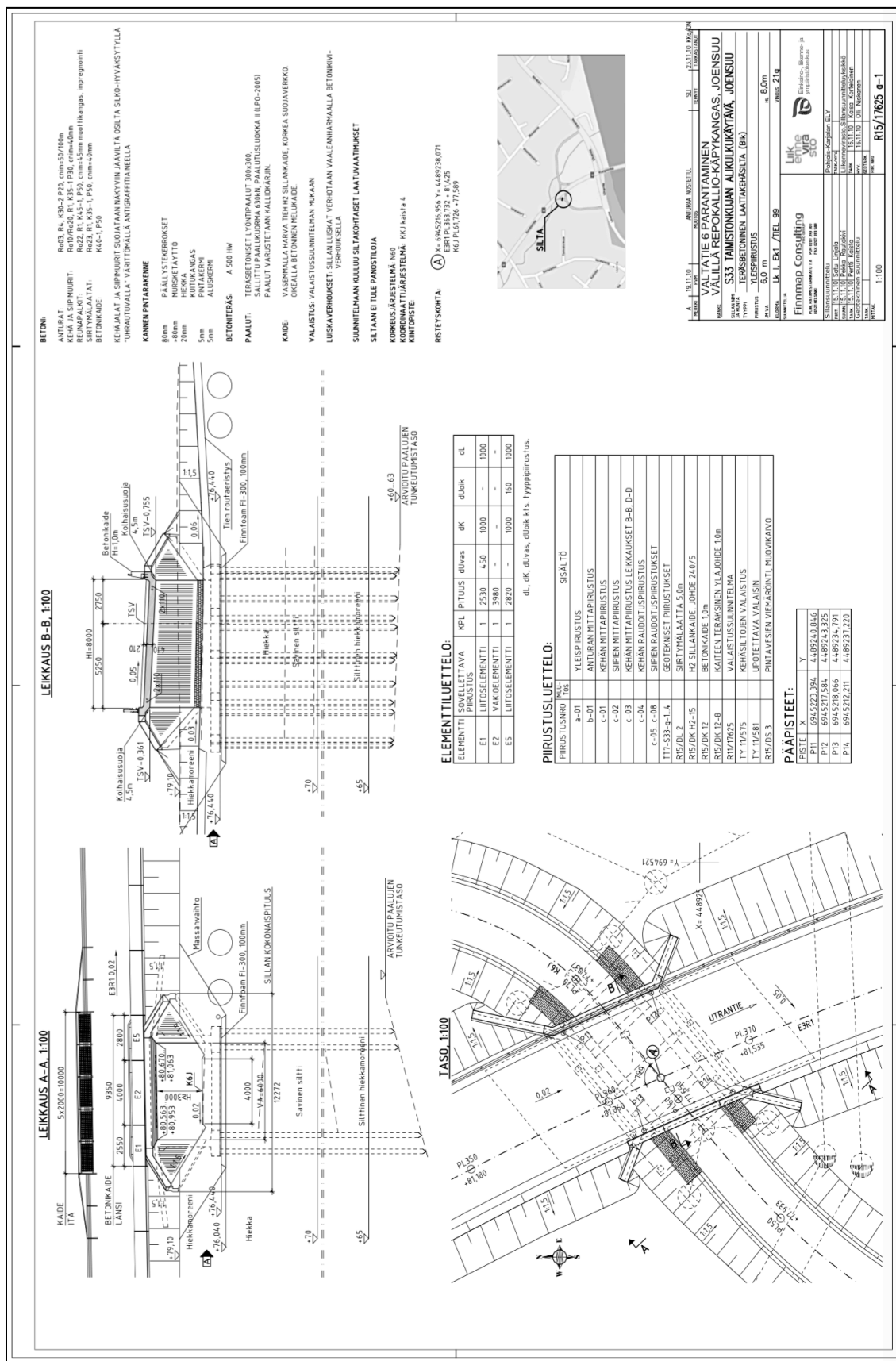
VARIOKIT: PERI SUOMI LTD OY. [viitattu 2015-03-18]. Saatavissa:

[http://www.perisuomi.fi/tuotteet.cfm/fuseaction/diashow/product\\_ID/71/app\\_id/8/imgpath/variokit\\_01.jpg.cfm](http://www.perisuomi.fi/tuotteet.cfm/fuseaction/diashow/product_ID/71/app_id/8/imgpath/variokit_01.jpg.cfm)

## LIITE 1: LAATTAPALKKISILTA S15



## LIITE 2: LAATTAKEHÄSILTA S33













## LIITE 7: TAVARA- JA TARJOUSLUETTELO

**PERI Suomi Ltd Oy**  
Hakakalliontie 5  
05460 Hyvinkää

**TARJOUS**

Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila



KMS / PERI  
Tarjouksen yhteyshö  
Puhelinnro  
s-posti

---

6.2.2015

**Tarjous**  
**Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila**

Asiakas: KMS / PERI  
 Projekti: Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila  
 Päivämäärä: 6.2.2015

TARJOUS



## Pos. 1. S15, Repokallion RS, tuentavaihtoehto 1

Määrä Yks	Tuotenimike	Tuote nro	kg	VP(%)	€/kk/kpl	LH/yks (€)
592 kpl	Haarukkapää TR 38-70/50	319950	7,78	1,80	1,34	74,20
456 kpl	Sivutuki UZ 40	365056	11,30	1,80	2,58	143,50
228 kpl	Alatuki UZ 80	365057	7,06	1,80	1,28	71,10
228 kpl	Alatuki UZ 129	365065	10,00	1,80	1,63	90,30
600 kpl	Säätöjalka UJB 38-50/30	400411	3,42	1,80	0,45	25,20
600 kpl	Säätöjalan salpa UJS	400863	1,02	1,80	0,31	17,30
592 kpl	Haarukkapään salpa UJH	409563	1,46	1,80	0,36	20,00
600 kpl	Aloituskappale UVB 24	400014	2,47	1,80	0,44	24,20
912 kpl	Jatkosalko UVR 200	400009	9,99	1,80	0,84	46,60
8 kpl	Jatkosalko UVR 300	400012	14,70	1,80	1,39	77,20
2 kpl	Päätysalko UVH 100	400000	4,61	1,80	0,48	26,60
304 kpl	Päätysalko UVH 150	400003	6,92	1,80	0,69	38,20
288 kpl	Päätysalko UVH 250	400007	11,50	1,80	1,10	61,30
2 kpl	Juoksu UH 75 Plus	414629	2,73	1,80	0,45	25,00
580 kpl	Juoksu UH 100 Plus	414632	4,46	1,80	0,49	27,00
288 kpl	Juoksu UH 125 Plus	414638	5,43	1,80	0,53	29,20
3 596 kpl	Juoksu UH 150 Plus	414641	4,71	1,80	0,55	30,40
456 kpl	Juoksu UH 200 Plus	414645	6,04	1,80	0,65	36,20
34 kpl	Juoksu UH 250 Plus	414648	7,36	1,80	0,73	40,60
304 kpl	Vinoside UBL 150/100	400055	4,44	1,80	0,53	29,40
1 776 kpl	Vinoside UBL 150/150	402846	5,34	1,80	0,68	37,80
160 kpl	Industrial taso UDI 25x100	406092	6,95	1,80	0,78	43,50
320 kpl	Industrial taso UDI 25x125	406880	8,38	1,80	0,87	48,50
320 kpl	Industrial taso UDI 25x150	407002	9,79	1,80	0,96	53,40
18 kpl	Industrial taso UDI 25x250	408540	15,50	1,80	1,29	71,50
444 kpl	Juoksuliitin UHA	401731	0,84	1,80	0,30	16,60

Paino kg: 75 822 kg  
 Yhteensä m3: 6 300,00 m3

Vuokra / vrk: Eur 327,65  
 Vuokra / vrk / m3: Eur 0,05

Asiakas: KMS / PERI  
 Projekti: Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila  
 Päivämäärä: 6.2.2015

TARJOUS


**Pos. 1.1. GT 24 niska- ja koolauspalkit, kaiteet, kulkutiet**

Määrä	Yks	Tuotenimike	Tuote nro	kg	VP(%)	€/kk/kpl	LH/yks (€)
996	kpl	GT 24 -palkki L=3,00m	375300	17,70	2,20	1,50	68,10
304	kpl	GT 24 -palkki L=3,30m	375330	19,50	2,20	1,65	74,90
306	kpl	GT 24 -palkki L=3,60m	375360	21,20	2,20	1,80	81,60
156	kpl	GT 24 -palkki L=4,80m	375480	28,30	2,20	2,39	108,50
80	kpl	Kaidetolpan pidike GT 24/VT 20	401290	5,67	2,20	0,99	44,80
80	kpl	Kaidetolppa SGP 1,75	361260	6,15	2,20	0,89	40,30
6	kpl	Porrassyöksy UAS 75x250/200	411117	28,00	2,20	14,22	646,50
12	kpl	Porraskaide UAG	400742	10,00	2,20	2,04	92,50
4	kpl	Porraskaide UAH sisäpuoli	400830	4,97	2,20	1,73	78,70
2	kpl	Tappiliitin UH	409764	1,22	2,20	0,51	22,90

Paino kg: 35 715 kg

Vuokra / vrk Eur 106,08

**Pos. 1.2. Pos 1 mukaisen terästuennan kasaus- ja purkuhinta (urakka)**

Kasaus- ja purku-urakka á 5,00 €/m<sup>3</sup> x n. 6.300 m<sup>3</sup> = n. 31.500,00 €

(urakkarajana tuennan asentaminen tilaajan tekemien perustusten päältä määrättyyn tukihaarukatasoon, niska- ja koolauspalkkien asennus ei kuulu urakkahintaan).

**Pos. 1.3. Pos 1 mukaisen kaluston myyntihinta, käytetty kalusto**

Myyntihinta, käytetty vuokrakalusto = n. 232.000,00 €



Asiakas: KMS / PERI  
 Projekti: Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila  
 Päivämäärä: 6.2.2015

TARJOUS



## Pos. 2. S15, Repokallion RS, tuentavaihtoehto 2

Määrä Yks	Tuotenimike	Tuote nro	kg	VP(%)	€/kk/kpl	LH/yks (€)
592 kpl	Haarukkapää TR 38-70/50	319950	7,78	1,80	1,34	74,20
592 kpl	Säätöjalka UJB 38-50/30	400411	3,42	1,80	0,45	25,20
592 kpl	Säätöjalan salpa UJS	400863	1,02	1,80	0,31	17,30
592 kpl	Haarukkapään salpa UJH	409563	1,46	1,80	0,36	20,00
592 kpl	Aloituskappale UVB 24	400014	2,47	1,80	0,44	24,20
592 kpl	Jatkosalko UVR 200	400009	9,99	1,80	0,84	46,60
592 kpl	Päätysalko UVH 250	400007	11,50	1,80	1,10	61,30
576 kpl	Juoksu UH 100 Plus	414632	4,46	1,80	0,49	27,00
288 kpl	Juoksu UH 125 Plus	414638	5,43	1,80	0,53	29,20
3 552 kpl	Juoksu UH 150 Plus	414641	4,71	1,80	0,55	30,40
456 kpl	Juoksu UH 200 Plus	414645	6,04	1,80	0,65	36,20
1 776 kpl	Vinoside UBL 150/150	402846	5,34	1,80	0,68	37,80
160 kpl	Industrial taso UDI 25x100	406092	6,95	1,80	0,78	43,50
320 kpl	Industrial taso UDI 25x125	406880	8,38	1,80	0,87	48,50
320 kpl	Industrial taso UDI 25x150	407002	9,79	1,80	0,96	53,40
432 kpl	Juoksuliitin UHA	401731	0,84	1,80	0,30	16,60

Paino kg: 62 673 kg  
 Yhteensä m3: 5 900,00 m3

Vuokra / vrk: Eur 252,87  
 Vuokra / vrk / m3: Eur 0,04

### Pos. 2.1. GT 24 niska- ja koolauspalkit, kaiteet

Määrä Yks	Tuotenimike	Tuote nro	kg	VP(%)	€/kk/kpl	LH/yks (€)
1 071 kpl	GT 24 -palkki L=3,00m	375300	17,70	2,20	1,50	68,10
304 kpl	GT 24 -palkki L=3,30m	375330	19,50	2,20	1,65	74,90
156 kpl	GT 24 -palkki L=4,80m	375480	28,30	2,20	2,39	108,50
80 kpl	Kaidetolpan pidike GT 24/VT 20	401290	5,67	2,20	0,99	44,80
80 kpl	Kaidetolppa SGP 1,75	361260	6,15	2,20	0,89	40,30

Paino kg: 30 245 kg

Vuokra / vrk: Eur 87,59

### Pos. 2.2. Pos 2 mukaisen terästuennan kasa- ja purkuhinta (urakka)

Kasa- ja purku-urakka á 5,00 €/m3 x 5.900 m3 = n. 29.500,00 €

(urakkarajana tuennan asentaminen tilaajan tekemien perustusten päältä määrättyyn tukihaarukatasoon, niska- ja koolauspalkkien asennus ei kuulu urakkahintaan).

### Pos. 2.3. Pos 2 mukaisen kaluston myyntihinta, käytetty kalusto

Myyntihinta, käytetty kalusto = n. 178.000,00 €



Asiakas: KMS / PERI  
 Projekti: Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila  
 Päivämäärä: 6.2.2015

TARJOUS



### Pos. 3. S15, Repokallion RS, tuentavaihtoehto 3

Määrä	Yks	Tuotenimike	Tuote nro	kg	VP(%)	€/kk/kpl	LH/yks (€)
256	kpl	Peruskehys ST 100, sink.	319900	16,60	1,80	3,20	178,00
2 304	kpl	Jatkokehys ST 100, sink.	319910	6,82	1,80	1,31	73,00
2 304	kpl	Vinoside ST 100, sink.	319940	2,28	1,80	0,62	34,70
512	kpl	Säätöjalka TR 38-70/50, sink.	319780	5,25	1,80	1,14	63,50
1 024	kpl	Säätöjalan solki, sink.	319800	0,063	1,80	0,08	4,65
512	kpl	Tukihaarukka TR 38-70/50 sink.	319790	6,46	1,80	1,65	91,60
28	kpl	Multiprop MP 250	327289	15,40	1,80	3,54	196,50
12	kpl	Multiprop MP 350	327290	19,50	1,80	4,18	232,00
6	kpl	Multiprop MP 625	327305	34,70	1,80	7,35	408,50
28	kpl	Asennustuki Universal, sink.	328000	9,17	1,80	1,16	64,20
46	kpl	Tukihaarukka 20/24 S	328680	3,19	1,80	0,42	23,30

Paino kg: 32 553 kg  
 Yhteensä m3: 5 900,00 m3

Vuokra / vrk: Eur 234,89  
 Vuokra / vrk / m3: Eur 0,04

#### Pos. 3.1. GT 24 niska- ja koolauspalkit, kaiteet

Määrä	Yks	Tuotenimike	Tuote nro	kg	VP(%)	€/kk/kpl	LH/yks (€)
24	kpl	GT 24 -palkki L=1,80m	375180	10,60	2,20	0,90	40,80
32	kpl	GT 24 -palkki L=2,40m	375240	14,20	2,20	1,20	54,60
248	kpl	GT 24 -palkki L=2,70m	375270	15,90	2,20	1,35	61,20
848	kpl	GT 24 -palkki L=3,60m	375360	21,20	2,20	1,80	81,60
330	kpl	GT 24 -palkki L=3,90m	375390	23,00	2,20	1,95	88,50
80	kpl	Kaidetolpan pidike GT 24/VT 20	401290	5,67	2,20	0,99	44,80
80	kpl	Kaidetolppa SGP 1,75	361260	6,15	2,20	0,89	40,30

Paino kg: 31 165 kg

Vuokra / vrk: Eur 90,28

#### Pos. 3.2. Pos 3 mukaisen terästuennan kasa- ja purkuhinta (urakka)

Kasa- ja purku-urakka á 6,00 €/m3 x 5.900 m3 = n. 35.400,00 €

(urakkarakana tuennan asentaminen tilaajan tekemien perustusten päältä määrättyyn tukihaarukkatason, niska- ja koolauspalkkien asennus ei kuulu urakkahintaan).

#### Pos. 3.3. Pos 3 mukaisen kaluston myyntihinta, käytetty kalusto

Myyntihinta, käytetty kalusto = n. 173.000,00 €

Asiakas: KMS / PERI  
 Projekti: Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila  
 Päivämäärä: 6.2.2015

TARJOUS



#### Pos. 4. S33 Taimistonkujan alikulkukäytävän muotti

Määrä	Yks	Tuotenimike	Tuote nro	kg	VP(%)	€/kk/kpl	LH/yks (€)
20	kpl	Siirtorulla Type B 150 kN	322040	8,40	2,60	12,14	467,00
80	kpl	Palkkipuristin HD 70 mm	406183	2,20	2,60	0,99	38,20
20	kpl	Raskas Vinotuki SLS 100/180	401774	17,70	2,60	3,76	144,50
40	kpl	*Raskas vinotuki SLS 200/300	101778	31,60	--	--	208,50
20	kpl	Teräsjäykiste SRU 247	403892	65,60	2,60	8,23	316,50
40	kpl	Teräsjäykiste SRU 272	403929	72,00	2,60	9,13	351,00
16	kpl	Teräsjäykiste SRU 397	403915	106,00	2,60	13,40	515,50
36	kpl	Liitoskappale 24	404027	7,61	2,60	1,93	74,20
20	kpl	Liitosrauta VKZ 99	313010	9,00	2,60	1,49	57,20
80	kpl	Kiila KZ	324240	0,81	2,60	0,23	8,75
40	kpl	Kiila K, sink.	324250	0,33	2,60	0,14	5,30
280	kpl	Liitintappi Ø 21x120	404031	0,46	2,60	0,23	8,90
40	kpl	Leimapainelevy KDP	324220	1,23	2,60	0,46	17,70
50	kpl	Yleiskoukukiinnike HBU 24-28	403845	0,89	2,60	0,41	15,70
12	kpl	Kaidetolpan pidike GT 24/VT 20	401290	5,67	2,60	1,17	44,80
20	kpl	Laskukiila 420 kN	324590	32,00	2,60	13,36	514,00
54	kpl	GT 24 -palkin jatkosrauta	324480	7,04	2,60	2,03	78,00
280	kpl	*Jousisokka 4/1	018060	0,030	--	--	0,26
12	kpl	Kaidetolppa SGP 1,75	361260	6,15	2,60	1,05	40,30
64	kpl	Sidepultti DW 15 L=1,70m	330020	2,45	2,60	0,33	12,60
128	kpl	Siipimutteri DW15 käänt.levyl.	330370	1,66	2,60	0,43	16,70
40	??	*Liitosrauta SRU	022002	0,000	--	--	0,00

\* = Myyntituote

Paino kg: 10 144 kg

Vuokra / vrk: Eur 61,60  
 Myyntituotteet: Eur 8 412,80

#### Pos. 4.1. GT 24 palkkikalusto

Määrä	Yks	Tuotenimike	Tuote nro	kg	VP(%)	€/kk/kpl	LH/yks (€)
32	kpl	GT 24 -palkki L=1,20m	375120	7,10	2,20	0,60	27,30
78	kpl	GT 24 -palkki L=2,70m	375270	15,90	2,20	1,35	61,20
32	kpl	GT 24 -palkki L=4,80m	375480	28,30	2,20	2,39	108,50
76	kpl	GT 24 -palkki L=6,00m	375600	35,40	2,20	3,00	136,50

Paino kg: 5 063 kg

Vuokra / vrk: Eur 14,30

Asiakas: KMS / PERI  
 Projekti: Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila  
 Päivämäärä: 6.2.2015

TARJOUS



### Pos. 37. Myyntituotteet, muotit

#### Muottikalustoon liittyvät myyntituotteet

065027	PE-putki 22/26 l = 2,0 m (25 kpl/nippu)	1,73 /kpl (43,25 €/nippu)
241007	AB-putki 22/26 l = 2,0 m (25 kpl/nippu)	2,63 /kpl (65,75 €/nippu)
065033	PE-kartio 22/15 (500 kpl/sk)	0,11 /kpl (55,00 €/sk)
241023	OK-kartio 22/35 (500 kpl/ltk)	0,27 /kpl (135,00 €/ltk)
030300	PVC-tulppa TRIO (250 kpl/sk)	0,10 €/kpl (25,30 €/sk)
031390	PVC-kartio 22/10 (250 kpl/sk)	0,10 €/kpl (25,30 €/sk)
241043	Universal-tulppa (100 kpl/sk)	0,22 €/kpl (22,00 €/sk)
750303	TRIO-pinovälike	0,22 €/kpl
066093	DOMINO-pinovälike	0,23 €/kpl
113019	MAXIMO-pinovälike	1,15 €/kpl
241004	Vesitiiveysvälike d = 110 mm	6,90 €/kpl
241005	Vesitiiveysvälike d = 65 mm (sis. 2 adapteria)	4,80 €/kpl
023020	Reikävanne l = 25 jm (1 rll)	2,90 €/jm
241420	Muottiöljy PERICLEAN UK 25 l	3,45 €/l
104890	Muottiöljyruisku 6 l	169,00 €/kpl
031530	Muottiöljyruiskun suutin	16,60 €/kpl
031521	Muottiöljyruiskun putki 50cm	14,10 €/kpl
031522	Muottiöljyruiskun kahva	76,90 €/kpl
031636	DK-kartio DW 15/55 (50 kpl/sk)	1,90 €/kpl
031635	DK-kartio DW 15/35 (50 kpl/sk)	1,80 €/kpl
031643	DK-betonikartio UNI 58/52	1,50 €/kpl
108136	Tiivistysliima DELO 5 kg	255,00 €/kpl
114509	Tiivistystappi MX 84 MF (pieni)	6,15 €/kpl
126988	Tiivistystappi MX 15-75 MF-L (iso)	6,15 €/kpl
114619	Tappiavain MAXIMO	5,75 €/kpl
026420	Ankkurin kiinnityslevy M 24, sink.	22,50 €/kpl
026230	Ankkurihylsy M 24 (2 kpl/taso)	9,10 €/kpl
026240	PVC-ankkuriholkki 26 mm	0,36 €/kpl
065060	PVC-ankkuriholkin tulppa 26 mm	0,26 €/kpl
065039	PVC-ankkuri DW 15	3,15 €/kpl
030560	Kuusiomutteri DW 15 30/70, hits.	5,40 €/kpl

Hinnat eivät sisällä arvonlisäveroa.

Asiakas: KMS / PERI  
Projekti: Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila  
Päivämäärä: 6.2.2015

TARJOUS



---

**Pos. 38. Muottilevyt****Muottilevyt**

(välilyöntivarauksin)

050000	3-kerrosmuottilevy 21 mm	2500x500	laatuluokka I - II
	Myyntihinta		<b>13,90 €/m²</b>
252240	Öljyitty havuivaneri 12 mm	1200x1200	laatuluokka I-II (kuusivaneri)
	Myyntihinta		<b>6,20 €/m²</b>
052821	PERI Beto filmivaneri 21 mm	120/120 g/ m2	1250x2500 laatuluokka I (sekavaneri koivu/kuusi)
	Myyntihinta		<b>16,90 €/m²</b>

Hinnat eivät sisällä arvonlisäveroa.

Asiakas: KMS / PERI  
 Projekti: Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila  
 Päivämäärä: 6.2.2015

TARJOUS



## Pos. 40. Myyntituotteet, telineet

### Telinekalustoon liittyvät myyntituotteet

100693	Silmukkaruuvi L= 90 mm	1,35 €/kpl
100695	Silmukkaruuvi L= 230 mm	1,75 €/kpl
241056	Silmukkaruuvi L= 350 mm	3,50 €/kpl
241100	Silmukkaruuvi L= 500 mm	12,00 €/kpl
100696	Seinätulppa UFI 14/70	0,25 €/kpl (24,50 €/100 kpl)
241012	Telinepeite 3,3x50 m	1,00 €/m <sup>2</sup>
241014	Telinepeite 2,7x50 m	1,00 €/m <sup>2</sup>
241057	Telinepeitekiinnike 30 cm	0,60 €/kpl
241058	Nippuside 385x4,8 mm	0,12 €/kpl (12,00 €/100 kpl)

Telineissä mahdollisesti tarvittavat puutavarat ja täyttövanerit myydään tarpeen ja tarvittaessa eri tarjouksen mukaan.

Hinnat eivät sisällä arvonlisäveroa.

Asiakas: KMS / PERI  
 Projekti: Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila  
 Päivämäärä: 6.2.2015

TARJOUS



## Tarjouksen ehdot ja PERI:n lisäpalvelut

### Hinnoittelun perusteet

Vuokrahinnat laskutetaan muotti- ja telineosien vuokraperusteen mukaisilla yksikköhinnoilla (ei neliöhinnoilla). Muutokset toimituseriin ja lisätilaukset laskutetaan saman vuokraperusteen mukaisilla yksikköhinnoilla.  
 Tarjouksen yksikkö hinnat ovat lasketut 30 vrk:n mukaan.

Nostoapuvälineet ja mahdolliset asennustyökalut hinnoitellaan tapauskohtaisesti erikseen.

### PERI:n lisäpalvelut

#### Kuljetukset / Lastaukset

Kaluston toimitusehto on vapaasti varastossamme Hyvinkäällä tai Haukiputaalla vuokrauksen alkaessa ja päättyessä. (TK Konevuokraus 2008 2.3)  
 Tilaaja voi valtuuttaa PERI Suomi Ltd Oy:n tilaamaan, suorittamaan ja laskuttamaan kuljetuksen.  
 Rahtihinnoittelu PERI:n kalustokeskuksesta alle 100 km kuljetuksissa:

Rahti täysperävaunu	<b>105,00 € / h</b>
Rahti nuppiauto	<b>95,00 € / h</b>

Nouto- /pikalisa	<b>68,00 € / kpl</b>
------------------	----------------------

(Mikäli asiakas järjestää itse kuljetuksen tai kuljetustilaus alle vuorokausi toimituksesta)

Muut kuljetukset sekä kalustokeskuksesta yli 100 km säteelle ulottuvien toimitusten rahtihinnat hinnoitellaan tapauskohtaisesti.

PERI Suomi Ltd Oy pidättää oikeuden rahtihintojen muutoksiin.

#### Kuljetustilaukset: 010 8370 700 / Ajojärjestelijä

Tilattu kalusto toimitetaan työmaalle pakkausohjeita noudattaen asianmukaisissa varastokehikoissa ja häkeissä. Pakkausmateriaalien hinnoittelu:

Varastokehikot, kehikkolaatikot ja häkit (vuokra)	<b>0,43 € / kpl / vrk</b>
Kuormalavat (myynti)	<b>8,00 € / kpl</b>

Käytähän palautettaessa samoja kehikoita ja hakeja.

### Suunnittelu ja piirustukset

Sopimukseen ei sisälly muottisuunnitelmia, paitsi tarjouksen yhteydessä jätetty periaatteellinen muottipiirustus.

<b>Perushinta</b>	<b>98,00 € / h</b>
-------------------	--------------------

Mikäli työmaa haluaa enemmän suunnitelmia tai yksityiskohtaisia mitoitettuja detaljipiirustuksia, on niiden tarve, sisältö ja paikka sovittava erikseen riittävän ajoissa.

Tilaaja vastaa lähtötietojen oikeellisuudesta ja suunnitelmamuutosten informoinnista PERI Suomi Ltd Oy:lle.

Asiakas: KMS / PERI  
 Projekti: Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila  
 Päivämäärä: 6.2.2015

TARJOUS



## Käyttöopastus ja tarkastukset

Asiakkaan pyynnöstä suoritamme käyttöopastusta ja muottitarkastuksia sekä työmaalla että Hyvinkään Hakakalliossa seuraavin laskutusperustein:

Toimittajan tiloissa Hyvinkään Hakakalliossa tai tilaajan työkohteessa tapahtuva asennusopastus / perehdytys kaluston käyttöön	<b>46,00 € / h</b>
Työmaalla tapahtuva muottitarkastus / konsultointi PERI Suomi Ltd Oy:n teknisten toimihenkilöiden osalta	<b>98,00 € / h</b>
Tarkastuspöytäkirjan laadinta dokumentointineen (jakelu sähköpostitse)	<b>60,00 € / kpl</b>

Veloitushintaan lisätään verohallinnon voimassa oleva kilometrikorvaus. Pääkaupunkiseudun ulkopuolella tapahtuviin työmatkarkastuksiin lisätään lisäksi verohallinnon voimassa olevat kotimaan päivärahat sekä mahdolliset majoituskorvaukset.

## Vuokralaluston palautus

### Puhdistus ja korjaus

Likaisena palautuneen muottikaluston puhdistus sekä rikkoutuneen kaluston korjaustyö veloitetaan tuntiperusteisesti puhdistukseen/korjaukseen käytettyjen työtuntien mukaisesti.

**Miestyötunti 43,00 € / h**  
**+käytetyt varaosat**

Muottien sidetankojen reiät, jotka eivät ole käytössä, on tulpattava valun ajaksi.

**Edellytämme aina muottiöljyn käyttöä valuvaiheessa.**  
**Muottikalusto EI OLE käsitelty muottiöljyllä toimitettaessa!**  
**Palautettavaa kalustoa ei öljytä!**

### Hävinnyt tai rikkoontunut vuokralalusto

Hävinnyt ja/tai korjauskelvottomaksi rikkoontunut vuokralalusto veloitetaan kaluston myyntihinnaston mukaisesti. Rikkoontunutta vuokralalustoa tai sen osia ei palauteta takaisin asiakkaalle.

Asiakas: KMS / PERI  
 Projekti: Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila  
 Päivämäärä: 6.2.2015

TARJOUS



## Muut ehdot

### Toimitusaika

Välimyyntivarauxsin, noin neljä viikkoa tilauksestanne.  
 Lopullinen toimitusaika sovitaan tilauksen yhteydessä.

**Mikäli asiakas siirtää sovittua toimitusaikaa yli kaksi viikkoa, perimme asiakkaalta varausmaksua, joka on puolet toimitettavan kaluston sovitusta vuorokausivuokrasta.**

### Maksuehdot

Tilausmyyntituotteista 60 % kauppahinnasta suoritetaan tilauksen allekirjoituksen yhteydessä. Loput 40 % suoritetaan, kun tuotteet ovat toimitettu Hyvinkään Hakakallion kalustokeskukseen. 14 päivää netto, vuokralaskutus puolen kuukauden jaksoissa. Viivästyskorko 16 % p.a. Laskutuspalkkio 8,00 €/vuokralasku.

### Käsittelykulu

Perimme muottikaluston käsittelykustannuksista aiheutuvaa käsittelykuluja, jonka suuruus on 0,3 % toimitettavan vuokralaskun myyntihinnasta.

### Muut ehdot

Kaikkiin hintoihin lisätään kulloinkin voimassa oleva arvonlisävero.  
 Vuokra peritään jokaiselta kalenteripäivältä.  
 Minimivuokra-aika on 30 vuorokautta.  
 Teknisen Kaupan konevuokraamojen yleiset vuokrauksen ja palveluiden toimitusehdot (TK Konevuokraus 2008) sekä Teknisen Kaupan yleiset myyntiehdot (TK Yleiset 2010).

## Työturvallisuus

Muottien ja telien kasauksessa on noudatettava PERI Suomi Ltd Oy:n suunnitelmia sekä järjestelmäkohtaisia käyttöohjeita. Tilaaaja huolehtii määräysten mukaisten työtapojen, suojakaiteiden, aukkosuojauksien ja kulkuteiden järjestämisestä ja merkitsemisestä sekä viikkotarkastuksista muotityön aikana. Suunnitelmissa ja käyttöohjeissa esitetyt sallittuja kuormituksia sekä seinämuottien vinotukien ja työtasokonsolien maksimivälejä ei saa ylittää. Nostoapuvälineiden käyttöohjeet toimitetaan ensimmäisen toimituksen yhteydessä. Tilaaajan velvollisuus on ohjeistaa asennushenkilöstö em. ohjeilla.

## Voimassaoloaika

Tarjous on voimassa kaksi viikkoa päiväyksestä.

Ystävällisin terveisin

PERI Suomi Ltd Oy

Janne Suntio  
 Tuotelinjapäällikkö, Telineet  
 050 431 0200  
 janne.suntio@perisuomi.fi



Asiakas: KMS / PERI  
Projekti: Opinnäytetyö Henri Ala-Kotila  
Päivämäärä: 6.2.2015

TARJOUS



---

**Liitteet (toimitetaan pyydettyessä)**

Teknisen Kaupan konevuokraamojen yleiset vuokrauksen ja palveluiden toimitusehdot  
(TK Konevuokraus 2008)  
Teknisen Kaupan yleiset myyntiehdot (TK Yleiset 2010)  
Tuote-esite  
Alustavat suunnitelmat

**TK:n ehdot ovat ladattavissa osoitteessa [www.perisuomi.fi/info/tk.cfm](http://www.perisuomi.fi/info/tk.cfm).**

Tämä tarjous muuttuu sopimukseksi molempien osapuolien allekirjoituksilla.

Sopimuksen allekirjoitukset ja päivämäärä

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

PERI Suomi Ltd Oy

\_\_\_\_\_  
(myyjä)  
Janne Suntio

Y-tunnus 0953834-1

\_\_\_\_\_  
(asiakas)

Y-tunnus: \_\_\_\_\_